

ラットの強化系列学習における認知過程に関する研究

著者	矢澤 久史
著者別名	Yazawa Hisashi
内容記述	筑波大学教育学博士学位論文・平成2年11月30日授与（乙第635号）
発行年	1990
URL	http://hdl.handle.net/2241/6225

ラットの強化系列学習における
認知過程に関する研究

矢澤久史

寄	贈
矢澤久史氏	昭和
	年
	月 日

ラットの強化系列学習における
認知過程に関する研究

矢澤 久史

目次

第一章 強化系列学習研究に関する展望	1
第1節 はじめに	1
第2節 部分強化理論の展開	3
1. 部分強化について	3
2. 弁別仮説 (Discrimination hypothesis)	5
3. フラストレーション理論 (Frustration theory)	6
4. 系列理論 (Sequential theory)	9
5. 強化レベル理論 (Reinforcement level theory)	12
第3節 強化系列学習の展開	14
1. Hulseの法則符号化理論	14
(1) 理論的背景	14
(2) Hulseの法則符号化理論 (Rule encoding theory)	15
2. Capaldiの記憶弁別理論 (Memory-discrimination theory)	17
3. Hulseの反論とCapaldiの見解	19
第4節 まとめ	22
第二章 強化試行における記憶のリセット	25
第1節 問題提起	25
第2節 実験1: 2NR 2N系列、R 4N系列、4NR系列、 N - lrg群の比較	29

第三章	強化事象に対する記憶がリセットされる事例	43
第1節	問題提起	43
第2節	実験2：NNR系列にNNN系列を付加した場合	45
第3節	実験3：RNN系列にNNN系列を付加した場合	53
第4節	実験4：NRN系列にNNN系列を付加した場合	58
第5節	系列を付加した場合の時間間隔の効果：まとめ	63
第四章	相対的時間間隔による記憶のリセット	65
第1節	長いインターバルによる記憶のリセット	65
	実験5：2NR3N系列において長い間隔を入れた場合	
第2節	短いインターバルによる記憶のリセット	71
	実験6：2NR3N系列において短い間隔を入れた場合	
第3節	系列付加場面における短いインターバルによる記憶のリセット	76
	実験7：NNR系列にNNN系列を付加した場合	
第4節	考察：2NR3N系列における相対的時間間隔による記憶のリセットについて	82
第五章	他の系列におけるインターバルによる記憶のリセット	84
第1節	問題提起	84
第2節	R5N系列による検討	86
	実験8：長いインターバルによる記憶のリセット	86
	実験9：短いインターバルによる記憶のリセット	89

第3節	3NR2N系列を用いた検討	93
	実験10：長いインターバルによる記憶のリセット	93
	実験11：短いインターバルによる記憶のリセット	96
第4節	5NR系列による検討	99
	実験12：長いインターバルによる記憶のリセット	99
	実験13：短いインターバルによる記憶のリセット	102
第5節	考察：直前の試行が無強化試行の場合における 相対的時間間隔による記憶のリセットについて	105
第六章	結論：ラットの強化系列学習における認知過程	109
第1節	得られた結果の総括	109
第2節	強化事象に対するラットの記憶の特質について	112
第3節	強化事象に対する記憶のリセットについて	115
第4節	ラットの認知過程	118
引用文献		122
謝辞		133

第一章 強化系列学習研究に関する展望

第1節 はじめに

心理学において動物実験は長い歴史を持ち、学習心理学に対しても大きな貢献を果たしてきたと言える。しかし、動物の学習に関する研究を時代的にとらえるならば、1960年代後半から1970年にかけて大きな転換期があったと考えられる。60年代までは、動物学習研究の中心にはHull(1943, 1952)の強化理論に代表される刺激-反応(S-R)理論があり、人間の学習に関する研究も動物実験から導き出されたS-R理論に基づいていた。これに対し、60年代後半からは、人間の記憶学習分野における認知研究からの影響を受け、動物学習研究にも認知的な傾向が示され始める。

この傾向は、70年代後半に入ってさらに顕著となり、Hulse, Fowler, & Honig(1978)はCognitive Processes in Animal Behaviorの序文において、「今や、動物心理学者は生物学的連続性を逆流し、人間の認知心理学の研究者からアイデアと方法論を借用しなくてはならない時期に入った。」と述べているほどである。そして、認知的傾向が顕著になるにつれて、動物に対する見方も、刺激に対して受動的に反応する生物機械ではなく、能動的な情報処理体であるとみなすように、大きく変化している。

動物学習におけるS-R理論から認知的アプローチへの移行を反映しているものとして、部分強化に関する研究がある。連続強化よりも部分強化の方が消去抵抗が高いことを部分強化効果(Partial reinforcement effect)と呼ぶが、部分強化効果は1940、50年代の学習心理学を支配していたHullの理論では説明できない現象であった。そこで、第2節で詳述

するように、1970年代中盤まで30年以上にわたり、S-R理論の枠組み内でさまざまな部分強化理論が展開された。その後、動物研究に認知的傾向が示されたことに伴い、部分強化研究における焦点も消去から習得に移り、現在では強化系列の習得過程に関する研究が中心になっている。

本論文は、動物学習研究の歴史的な流れをふまえて、ラットが自発的に系列を分ける手がかりである分節手がかり(Phrasing cue)を捜し出すことによって、強化事象に関する記憶のリセット機構を明らかにし、ラットの強化系列学習における認知過程に関して、新しい知見を提供しようとするものである。

第2節 部分強化理論の展開

本研究が直接扱うのは、習得期での強化系列に対する動物の学習に関する問題であるが、この問題は、部分強化効果に関する研究に端を発する。そこで、学習心理学において部分強化研究がどのような意味を持ち、いかなる理論が展開され、現在の強化系列学習につながっていったのかを強化系列という観点を中心に検討する。

1. 部分強化について

自然界では、ある行動に対して毎回報酬が与えられるという連続強化が行われることは少ない。多くの場合、何回かの行動に対して報酬が与えられるという部分強化が行われる。こうして実験室ではともかく、現実の生物の世界を考えた場合には、部分強化条件が連続強化の例外の一つではなく、連続強化が部分強化の特殊な形であると言える。つまり、連続強化は、強化率100%（連続強化）と0%（消去）を両端とする部分強化軸の一方の端点にすぎない。したがって、部分強化の問題は、強化に関する研究の中心課題であるといっても過言ではない。

部分強化が消去に及ぼす効果をはじめて示したのは、Skinner(1934)である。彼は、フリーオペラント場面でバー押し反応の一部に報酬を与えた場合、連続強化よりも高い消去抵抗が示されることを報告した。分離試行を用いた研究では、Humphreys(1939a)が、強化率50%の不規則的部分強化を与えられた群は連続強化群よりも消去抵抗が高いことを、ヒトの眼瞼条件づけで見いだしている。さらに、Humphreysは、言語反応(1939b)やGSRの条件づけ場面(1940)でも部分強化効果を得ている。

部分強化効果は、当時の学習理論を支配していたHull(1935, 1943)の強

化理論に反するものであった。Hullの理論では、道具的反応と外的刺激間に学習性結合、つまり習慣が形成され、強化試行数が多いほど習慣の強さ（習慣強度）は強まることが仮定されていた。また、彼は、消去抵抗が習慣強度を直接反映する測度であると考えていた。したがって、Hullの理論では、試行数が同じ場合には、部分強化よりも強化数が多い連続強化の方が消去抵抗は高いことが予測され、部分強化効果を説明することができなかった。

そこで、部分強化効果に関して非常に多くの実験が行われ、多様な理論が展開されてきた。まさに、部分強化研究は学習理論における中心的なテーマの1つであった。部分強化のレビューはこれまでに4論文あり(Jenkins & Stanley, 1950; Lewis, 1960; Robbins, 1971; 矢澤, 1985)、多くの部分強化理論が紹介されている。その中で代表的なものは、反応単位説(Mowrer & Jones, 1945)、刺激残効理論(Sheffield, 1949)、弁別仮説(Bitterman, Fedderson & Tyler, 1953)、二次強化理論(Denny, 1946)、期待理論(Humphreys, 1939a)、拮抗反応理論(Weinstock, 1954)、認知的不協和理論(Lawrence & Festinger, 1962)、フラストレーション理論(Amsel, 1958, 1967)、系列理論(Capaldi, 1967, 1971)、強化レベル理論(Capaldi, 1978)の10個の理論である。

本節の以下の部分では、まず、習得期と消去期の強化系列の類似度に注目した弁別仮説を検討し、次に、非常に多くの実験が行われ体系的理論化がなされたフラストレーション理論と系列理論、及び系列理論の発展型である強化レベル理論を概括する。以上の4つの理論を検討し、歴史的に部分強化理論の展開を追い、各理論において強化系列がどのようにとらえられていたかを検討することによって、本論文の主眼点である強化系列学習へと話を進める。

2. 弁別仮説 (Discrimination hypothesis)

Mowrer & Jones(1945)は、スキナー箱を用いて、強化率が低いほど消去抵抗は高いことを見い出し、消去抵抗の高さが習得期と消去期の系列間の類似度によって決定されることを示唆した。その後、この考え方は、Bitterman, Fedderson, & Tyler(1953)によって弁別仮説として発展された。弁別仮説によれば、連続強化の場合には習得期と消去期の系列の差が大きいのので系列間の弁別が容易である。これに対し、部分強化では習得期と消去期の弁別が困難であるため、ラットは消去期でも反応し続けてしまい、部分強化の方が消去抵抗は高くなる。

部分強化では、強化試行と無強化試行の配置を変えることによっていろいろな系列を作ることができる。最も簡単な系列は、強化試行と無強化試行が1試行ずつ交互に行われる単一交替系列である。Tyler, Wortz, & Bitterman(1953)は、不規則系列よりも単一交替系列の方が消去が早いという弁別仮説に一致する結果を報告している。つまり、不規則系列よりも単一交替系列では習得期と消去期の系列間の弁別が容易であるので、消去が早かったと考えられた。また、Tylerらの実験では、70習得試行あたりから無強化試行よりも強化試行での走行が速いという走行分化が見られ、ラットが習得期に単一交替パターンを学習していたことが確認されている。

しかし、弁別仮説は、連続強化を一貫して与えられた群よりも部分強化訓練の後に連続強化が行われた群の方が消去抵抗が高いという強化率移行効果 (Leung & Jensen, 1968; Theios, 1962) を説明できなかった。弁別仮説によれば、両群とも消去期の前に連続強化を受けているので、習得期と消去期の弁別における難易度に差はなく、したがって、消去抵抗にも差が生じないことになるからである。

このように弁別仮説に当てはまらない結果が報告され、弁別仮説は徐々にすたれていった。しかし、部分強化は各試行で何が起きているかという試行ごとの分析では理解できない現象であり、この点において、ラットが強化事象の全体的な系列を学習していると考えられるゲシュタルト的なレベルの分析を要求したことに、弁別仮説の大きな意味がある。なぜならば、第3節で述べるように、1970年代終盤に系列構造を重視する理論が注目をあびるからである。動物の学習における認知的傾向を先取りしていたという意味において、Bittermanらの考え方は高く評価すべきである。ところが、その後の部分強化研究は、弁別仮説が示したものとは逆の方向に進んでいった。

3. フラストレーション理論 (Frustration theory)

弁別仮説は全体の強化系列という巨視的な観点で部分強化を扱っていた。これに対し、Amsel(1958,1967)のフラストレーション理論は、各試行内で生起しているメカニズムを重視する微視的な理論である。

Hull(1952)の理論では、強化試行で生じる内的刺激に行動を喚起させる機能を仮定していた。Amselの理論はこの仮定を無強化試行にも拡張した。つまり、Amselは無強化によって生じる内的な情動状態に行動を喚起させる動因としての機能を仮定し、この内的状態をフラストレーションと呼んだ。そして、フラストレーションが刺激と反応を媒介すると考えた。したがって、フラストレーション理論は、Hull-Spence派の媒介理論(Spence,1956)の発展理論として、S-R理論の枠組みでとらえることができる。

Amsel & Ward(1965)は、部分強化の過程を次の4段階に分けた。

第1段階：強化試行では、報酬を期待する予期的反応である報酬予期

反応の条件づけが行われる。無報酬試行では、まだフラストレーションは生起しない。

第2段階：報酬予期反応が確立し、道具的反應が喚起される。すると、無強化試行では一次性フラストレーション反應が生起し、さらに、この反應を予期するフラストレーション予期反應の条件づけがなされる。

第3段階：フラストレーション予期反應から生じるフラストレーション予期刺激が、目標回避反應を引き起こし、報酬予期反應から生じる報酬予期刺激が、目標接近反應を引き起こすので、動物はコンフリクト状態になる。

第4段階：部分強化訓練をさらに続けると、フラストレーション予期刺激が強化試行で強化を受け、報酬予期刺激と同様に、目標接近反應を引き起こす。

以上のように、部分強化で訓練された動物では、第4段階でフラストレーション予期刺激が接近反應に条件づけられているので、無強化試行が連続する消去期でも接近反應は消去されにくい。一方、連続強化の動物では、消去期にはじめて無強化試行を経験する。そこで、無強化によって生じたフラストレーションは回避反應のみを生起させ、消去が促進される。したがって、連続強化よりも部分強化の方が消去抵抗は大きくなる。

フラストレーション理論では、部分強化訓練が第4段階以前に打ち切られると、部分強化効果は見られないことになる。Amsel & Ward(1965)は、フラストレーション予期刺激が接近反應を引き起こすためには60試行以上の習得訓練が必要である、と考えている。したがって、フラストレーション理論によれば、部分強化効果が得られるためにはかなりの習得試行を行わなくてはならないとされる。

しかし、McCain(1966)は、第1試行が無強化、第2試行が強化という2試行だけの極めて少ない訓練によって、部分強化効果を得ている。部分強化効果を得るためには多数の訓練試行は必要でないという結果は、McCain以外にもCapaldi, Lanier, & Godbout(1968)、Padilla(1967)など多くの研究によって示されている。

また、Capaldi, Ziff, & Godbout(1970)は、2試行の無強化試行の後に強化試行を2試行行い部分強化効果を見いだしている。Capaldiらは、強化試行が無強化試行に先行しない場合には、無強化試行ではフラストレーションが生起するとは考えられないとしてAmstelの理論を批判した。

さらに、Amstel理論の最も重大な欠陥は、強化系列の違いによる消去抵抗の差を説明できないことにあった。Amstel理論では、強化試行数や無強化試行数に関する変数が報酬予期反応やフラストレーション予期反応を規定していると考えられていた。したがって、試行数に関する変数が同じであれば、どのような強化系列でも消去抵抗には差が生じないことになる。しかし、試行数や強化率が同じであっても、与えられた強化系列の違いによって消去抵抗に差が示されることは、多くの実験（例えば、Capaldi, 1964）によって報告されている。Amstel理論はこれらの結果を説明できない不十分な理論であった。

以上のように、Amstelのフラストレーション理論は部分強化理論としては否定されていった。しかし、無強化によって生じたフラストレーションに行動を喚起させる機能を仮定したことは、他の研究者に無強化の重要性を認めさせることになり、フラストレーション理論は部分強化理論のその後の発展に大きな貢献を果たしたといってもよいだろう。

この結果は、Amstelの理論が、部分強化理論の発展に貢献したことを示している。

また、Capaldiらは、Amstelの理論が、部分強化理論の発展に貢献したことを示している。

4. 系列理論 (Sequential theory)

Capaldi(1966, 1967, 1971)は、無強化によって生じる内的刺激を重視しながらも、強化系列による消去抵抗の差を説明できる理論を打ち立てた。Capaldi自身がこの理論を系列理論と呼んでいることからわかるように、フラストレーション理論とは異なり、そこでは強化系列の重要性が特に強調されている。

また、Amselのフラストレーション理論は、ある試行で生起したフラストレーション予期刺激や報酬予期刺激がそれぞれその特定の試行で条件づけられることを仮定するという試行内事象を重視した理論であった。これに対し、系列理論は、ある試行で生起した刺激が後の試行でも条件づけられることを仮定し、試行間事象を重視した。

Capaldiの系列理論では、強化(R)と無強化(N)はそれぞれ S^R 、 S^N と呼ばれる内的刺激を引き起こし、次試行で強化を受けると、そこでこの内的刺激と走行反応間に条件づけが起こることが仮定されている。この仮定は、Sheffield(1949)の刺激残効理論を発展させたものである。Sheffieldは、強化と無強化はそれぞれ短時間に衰退する末梢感覚的な刺激痕跡を生じさせ、無強化による刺激痕跡は次の試行で強化を受けることによって走行反応に条件づけられると考えた。

しかし、強化と無強化による内的刺激は、20分後(Capaldi & Stanley, 1963)、さらに、24時間後(Capaldi & Spivey, 1964)にも機能していることが示された。つまり、Sheffieldがいうように短時間に衰退するものではなかった。そこで、Capaldi(1966)は、この内的刺激は長時間持続し、以前に生起した場面へ動物が戻された時にはいつでも思い出されるという場面依存的な特質を持つ中枢的な「記憶 (memory)」であるにとらえた。

さらに、Capaldiは、無強化が1試行行われたときには S^{N1} 、無強化が

2 試行連続すると S^{N2} 、3 試行連続する場合には S^{N3} がそれぞれ次試行で生起するというように、無強化試行が連続する場合、 S^N は漸進的に変容していくと考えた。また、 S^{N1} と S^{N2} 間の差は S^{N2} と S^{N3} 間より大きく、刺激変容 S^{N1} 、 S^{N2} 、 S^{N3} 、……、 S^{Nk} は近似的に対数尺度に沿って配列される。この刺激変容は、強化試行で S^{Nk} が走行反応に条件づけられ習慣強度を獲得した時に完了する。

消去期は S^{N1} 、 S^{N2} 、 S^{N3} 、……、 S^{Nk} という S^N の無強化刺激系列が連続的に提示される事態と考えられる。部分強化群では、習得期に S^N が習慣強度を獲得していたので、 S^{Nk} が連続的に提示される消去期でも走行反応が示される。一方、連続強化群では習得期に S^N が走行反応に条件づけられていない。したがって、部分強化群の方が連続強化よりも消去期で走行し続け、部分強化効果が得られる (Capaldi, 1966, 1967)。

系列理論では、消去抵抗を考える上で、無強化試行に強化試行が後続することと、その場合に無強化試行が何試行連続していたかを重視する。そこで、 $N-R$ 移行数と $N-length$ という 2 つの系列変数が導き出された。 $N-R$ 移行数とは無強化試行から強化試行へ移行した回数を指し、 $N-length$ とは 1 試行の強化試行に先行した連続無強化試行数のことをいう (Capaldi, 1964)。例えば、 $NNRRNR$ という強化系列では、第 2 試行から第 3 試行と第 5 試行から第 6 試行にかけての 2 回にわたり無強化試行から強化試行への移行がなされているので、 $N-R$ 移行数は 2 となる。一方、 $N-length$ は、 $N-length2$ (第 1 試行から第 2 試行にかけて) と $N-length1$ (第 5 試行) がそれぞれ 1 回生起している。

消去抵抗に及ぼす $N-R$ 移行数と $N-length$ の効果を調べるために、単一交替系列と不規則系列とが比較されることが多い。単一交替系列では $N-length$ は常に 1 である。つまり、単一交替系列は、試行数が同じ

系列の中で $N - \text{length}$ が最小であり、しかも $N - R$ 移行数は最も多い。

Capaldi & Hart(1962)は、訓練試行数が18試行と27試行のいずれにおいても、単一交替の方が不規則系列よりも消去抵抗が高いことを報告した。一方、Capaldi & Minkoff(1967)の研究によれば、160試行の訓練が行われた場合には、不規則系列の方が消去抵抗が高いことが示されている。Capaldi(1967)は、以上の2つの研究結果をふまえて、消去抵抗は訓練試行数が少ない場合には $N - R$ 移行数の増加関数であり、多数訓練試行では $N - \text{length}$ の増加関数であると考えている。

部分強化では、強化率の減少に伴い消去抵抗が上昇することが知られている（例えば、Weinstock, 1954, 1958）。Capaldi & Stanley(1965)は、不規則系列が用いられた場合、一般的には、強化率が低いほどそこに含まれる $N - \text{length}$ が長くなることに注目した。そして、彼らは高強化率群の方が低強化率群よりも $N - \text{length}$ が長い系列を作り、強化率ではなく $N - \text{length}$ によって消去抵抗が決定されることを見いだした。さらに、Capaldi & Kassoover(1970)は、 $N - \text{length}$ 内に配置されなければ無強化試行は消去抵抗を高めないことを報告している。

このように、Capaldiの系列理論は、フラストレーション理論が扱うことができなかった強化系列による消去抵抗の差を $N - \text{length}$ という系列変数によって説明して行ったのである。

しかし、Sutherland & Mackintosh(1971)が指摘したように、系列理論でも説明できなかった現象があった。それは、弁別仮説にも問題を投げかけた強化率移行効果である。系列理論によれば、部分強化の後に連続強化を与える部分・連続群と、その逆に連続強化の後に部分強化を与える連続・部分群では、 $N - \text{length}$ や $N - R$ 移行数は全く同じであるので、両群間の消去抵抗には差がみられないはずである。しかし、Sutherland,

Mackintosh & Wolfe(1965)、Leung & Jensen(1968)などは、部分・連続群の方が連続・部分群よりも消去抵抗が高いことを報告している。

これに対し、Capaldi(1974,1978)は、強化率移行も含めたより広範な部分強化現象を扱うことができる強化レベル理論を提出した。

5. 強化レベル理論 (Reinforcement level theory)

系列理論では、 S^R や S^N が走行反応に条件づけられる強さ（条件づけ強度）は物理的な強化価によって決定されていた。一方、強化レベル理論では、動物が期待した強化価と実際に得た物理的な強化価との相対的な関係（強化レベル）によって、条件づけ強度が決まると仮定された。そして、条件づけ場面は次の3つに分類された。

① 期待よりも高い強化量、強化率を受ける場合

（例、小報酬から大報酬への移行）

② 期待よりも低い強化量、強化率を受ける場合

（例、大報酬から小報酬への移行）

③ 受ける強化量あるいは強化率が、ある時には期待よりも高く、またある時には低い場合

（例、部分強化や弁別学習事態）

Capaldi(1978)によると、①の場合には、刺激は大きな反応喚起力を獲得し、強い条件づけが生起するのに対し、②の場合には、反応喚起力は弱まり、条件づけが解除される。部分強化場面は分類の③にあたり、この場合、期待された強化価は、強化試行で与えられた強化価と無強化試行での強化価（ゼロ）との二者間で安定する。したがって、部分強化条件では、強化試行で強い条件づけが、無強化試行では条件づけの解除が起こる。

強化レベル理論は、Sutherland & Mackintosh(1971)などが報告した系列理論では扱うことができなかった強化率移行効果を次のように説明する。連続・部分群では、連続強化時に形成された高い期待よりも部分強化で得られた強化価が低いので、条件づけの解除が起こる。逆に、部分・連続群では、部分強化時に形成された期待よりも連続強化では高い強化価を受けるので、強い条件づけがなされる。したがって、条件づけ強度の高い部分・連続群の方が連続・部分群よりも消去抵抗が高かったのである。

さらに、Capaldi(1978)は、強化率移行効果以外にも、過剰訓練消去効果(North & Stimmel, 1960; 石田, 1973)や対比効果(McHose, 1970)などのそれまでの学習理論の対立点にあった様々な強化現象を強化レベル理論によって明快に説明している。

先に述べたように、系列理論では刺激と反応間に絶対的な強化効果を仮定していたが、強化レベル理論では相対的な強化効果が考えられていた。しかし、 S^N の刺激変容や N -lengthなどの系列変数の効果に関する系列理論の仮定は強化レベル理論にもそのまま受け継がれており、強化レベル理論は系列理論の発展型としてとらえることができる。

第3節 強化系列学習の展開

Capaldiの理論では、消去抵抗に及ぼす習得期の強化系列の重要性が強調されていた。しかし、人間の系列学習から得られた知見を動物学習に適用したHulse一派の研究がきっかけとなり、動物がある一定の順序で提示された強化事象をどのように学習するかという強化系列学習に関する問題がクローズアップされることになった。そして、強化系列学習をめぐってHulse(1978)の法則符号化理論とCapaldiの理論が真っ向から対立する。本節では、まずHulseの理論背景と彼の法則符号化理論を概括し、次にCapaldiの新しい理論を述べ、最後に強化系列学習をめぐるHulseとCapaldiの対立について検討する。

1. Hulseの法則符号化理論

(1) 理論的背景

われわれ人間は、1256というようなある一定の順序で与えられた項目からなる系列をどのように学習するのだろうか。このような系列学習に関する問題は、初期の頃にはS-R理論の枠組みの中で研究されていた。Hull(1931)は、隣接する刺激と反応間に1対1の連合が形成され、その各連合が連鎖することを仮定した。Hullの連合連鎖理論によれば、人間が1256という系列を与えられた場合、1-2、2-5、5-6というように連続する項目間の関係が学習されるという。

しかし、Lashley(1951)は、Hullの連合連鎖理論では系列5457における5-4、5-7のように異なった項目が同じ先行項目に連合されている場合を説明できないなどの問題点を指摘した。このLashleyの研究が契機となって、人間の系列学習研究はS-R理論から離れていった。そして、コン

ピュータ・サイエンスや情報科学の影響を受けて、認知プロセスを主張する研究が、Jones(1971)、Restle(1970)、Simon & Kotovsky(1963)などによって示され、人間の系列学習研究におけるS-R理論から認知理論へのアプローチの移行が完成する。

これまでに、Jones(1971,1976)やRestle(1970,1976)などの研究から、人間は与えられた系列パターンが有する法則構造を符号化することによってパターンを内的に表象することがわかってきた。また、法則構造が複雑になるほど内的表象も複雑になり、系列を学習するのが困難になることも知られている。

人間の系列学習を研究する場合には、アルファベットや数字といった人間にとって身近な項目が刺激として用いられる。これに対し、Hulse(Hulse,1978; Hulse & Dorsky,1977,1979)は、走路の目標箱で与えられる報酬用の餌ペレットを刺激項目として用いた。そして、人間の系列学習の認知モデルをラットの強化系列学習にも適用した。

(2) Hulseの法則符号化理論(Rule encoding theory)

部分強化研究では、習得期の途中である強化量から他の強化量へ移行されることはあっても(例えばCapaldi,1974)、強化量が体系的に変化されたことはほとんどなかった。唯一の例外として、3種の強化量を用いて強化量が上昇していく系列と減少する系列を与えた群の消去抵抗を比較したWike & King(1973)が挙げられるだけである。しかし、彼らの研究では、習得期に示された走行パターンについて理論的な説明はなされてはいない。

これに対し、Hulse & Dorsky(1977,実験1)は、第1試行で14個、第2試行で7個、以下3個、1個、0個というように試行が進むにつれてペ

レット数が単調に減少していく14-7-3-1-0系列と法則性のない非単調系列14-1-3-7-0を比較した。この両系列は法則構造が異なるものの、両者とも5項目からなっていて、連続する項目間の連合数も同じである。したがって、項目間の1対1連合が系列学習の決定因であれば、両系列の0ペレット走行には差が生じないはずである。

しかし、Hulsey & Dorskyは、非単調系列よりも単調減少系列の方が0ペレット時の走行が遅いことを見いだした。0ペレット走行は与えられた強化系列を動物がマスターしたかどうかを見るための重要な指標であり、0ペレット時における走行が遅いほど、ラットはその0ペレットをより良く予期していたことになる。したがって、Hulsey & Dorskyの実験では、単調減少系列の方が0ペレットの予期がすぐれていたことになる。

さらに、ラットは第2項目と第3項目が等しい以外は減少法則にしたがう弱い単調減少(14-5-5-1-0)系列よりもすべての項目が減少法則にしたがう強い単調減少(14-7-3-1-0)系列の方を容易に学習すること(Hulsey & Dorsky, 1977, 実験2)や、訓練の途中で別の系列に移行した場合、新旧系列の法則構造が一致する時には正の転移が起こり、一致しない場合には負の転移が起こること(Hulsey & Dorsky, 1979)が明らかにされた。Hulsey & Dorsky(1977, 1979)はこれらの結果から、ラットは与えられた強化系列が有する法則構造に非常に敏感であり、人間の場合と同様に、ラットの強化系列学習もパターン構造の法則的な複雑性によって決定されていることを主張した。つまり、法則構造を符号化することによってラットは強化系列を習得するという系列符号化理論が提出されたのである。このように、系列符号化理論では、項目自体ではなく、項目によって構成される法則構造が重視される。これは、刺激と反応を分析的に細分化していった1960年代までのS-R理論とは全く逆のアプローチである。

人間の系列学習に関する方法論を動物の強化系列学習に適用したHulseの一連の研究は、1970年代後半の動物心理学における認知的アプローチの代表的なトピックとなり、強化系列学習研究に新しい道を開いたともいえる（矢澤, 1986）。

しかし、Hulseの理論に問題がなかったわけではない。特に、Capaldi (Capaldi & Molina, 1979; Capaldi, Verry, & Davidson, 1980a, 1980bなど) は、強化系列学習を部分強化学習の一形態としてとらえ、部分強化理論である系列理論に基づいたアプローチからHulseの理論に対し疑問を投げかけている。

2. Capaldiの記憶弁別理論 (Memory-discrimination theory)

第2節で述べたように、Capaldi (1967)の系列理論では、無強化の記憶 S^N については S^{N1} 、 S^{N2} 、 S^{Nk} という刺激連続体が仮定されていた。しかし、強化の記憶 S^R の刺激変容は考えられていなかった。これに対し、Capaldi & Molina (1979)は、ペレット数に応じて強化の記憶も変容することを仮定した。そして、強化系列学習は各試行で与えられたペレット数に対する記憶を弁別手がかりとする内的な弁別学習であるという記憶弁別理論 (Capaldi & Molina, 1979; Capaldi, Verry, & Davidson, 1980a) が提唱された。

記憶弁別理論では、0ペレット（無強化）を受けたという記憶 S^0 （つまり S^N ）は2ペレットの記憶 S^2 よりも1ペレットの記憶 S^1 に類似度が高いというように、各強化記憶は S^0 、 S^1 、 S^2 、……、 S^k という刺激連続体上に並べられた。さらに、強化試行で生起する記憶が正刺激となり、この刺激に対する反応は習慣強度の蓄積を受けると考えられた。一方、0ペレット試行時に生起する記憶は負刺激になり、反応は抑制され

る。しかも、負刺激は正刺激から般化をうけるので、両者の類似度が高いほど、0ペレット時の走行が速められ、0ペレットに対する予期が悪くなる。したがって、記憶弁別理論では、0ペレット予期の程度は、正刺激が獲得した反応喚起力がどのくらい負刺激に般化するか、つまり、正刺激の反応喚起力と正負刺激間の類似度という2つの要因によって決定される。

Capaldi & Molina(1979)の研究では、20-10-0系列よりも1-29-0系列の方が0ペレットの予期が良いことが示されている。20-10-0系列では、第2試行で生起する S^{20} が正刺激であり、第3試行で生起する S^{10} が負刺激となる。一方、1-29-0系列では、正刺激は第2試行の S^1 で、負刺激は第3試行の S^{29} である。そして、 S^{20} と S^{10} 間よりも S^1 と S^{29} 間の方が類似度が低いので、1-29-0の0ペレット予期の方が優れていたと考えられる。ここで重要であるのは、Hulseの系列符号化理論によれば、単調減少系列である20-10-0系列が非単調1-29-0系列よりも0ペレットの予期が優れることになり、Capaldi & Molinaの結果を説明できないことである。

また、Capaldi & Molinaでは、15-10-5-0系列よりも14-14-2-0系列と15-15-0-0系列の0ペレット予期が優れるという結果も得られている。記憶弁別理論によれば、この結果は正刺激と第4試行での負刺激との弁別が15-10-5-0系列(S^{10} と S^5)よりも14-14-2-0系列(S^{14} と S^2)と15-15-0-0系列(S^{15} と S^0)の方が容易であることから解釈される。言うまでもないが、15-10-5-0系列、14-14-2-0系列、15-15-0-0系列をそれぞれ強い単調減少系列と2つの弱い単調減少系列として系列構造からとらえるHulseの法則符号化理論では上の結果を扱うことができない。

さらに、Capaldi, Verry, & Davidson(1980a)は、系列学習における転移がHulse & Dorsky(1979)が考察したような新旧系列の構造間の一致度

ではなく、正刺激と負刺激が獲得した反応喚起力と両刺激の類似度によって決定されることを示している。

以上のように、Capaldi & Molina(1979)とCapaldi et al.(1980a)の研究は、Hulse(1978)の法則符号化理論に矛盾するデータを提供し、法則符号化理論の問題点を明らかにするだけでなく、強化系列学習が部分強化の一形態であることを示すものであった。一方、Capaldiからの一方的な批判を受けたHulseはどのような反論を試みたのだろうか。

3. Hulseの反論とCapaldiの見解

Hulse(1980)は、人間が系列の法則構造を符号化するのは系列課題が難しい時だけであり、簡単な課題は連合的に学習されるとして、ラットの強化系列学習を扱うには2つの異なる理論が必要であると述べた。つまり、Hulseは、難しい系列には認知的なモデル、簡単な系列には連合的モデルが適用されるという二元論的アプローチを採り、Capaldiの批判に答えた。

この二元論が採られた背景には、HulseとCapaldiの両研究室で行われていた実験手続きに大きな違いが見られたことがある。Hulse & Dorsky(1977, 1979)の実験では14-7-3-1-0に代表されるような5項目からなる系列が用いられ、この系列が1日4回以上繰り返されていた。そして、系列内の試行間間隔は10秒から15秒であり、系列の繰り返し間隔である系列間間隔は約15分であった。一方、Capaldiの研究では、2、3項目(Capaldi et al., 1980a)か4項目(Capaldi & Molina, 1979)からなる短い系列しか用いられず、系列内の試行間間隔は4分から5分で、各系列は通常1日1回しか与えられなかった。つまり、Capaldiは項目が少ない簡単な系列を用い、試行間間隔が長く、しかも、系列の繰り返しが

少なかったのである。

そこで、Hulse(1980)は、Capaldi & Molina(1979)やCapaldi et al. (1980a)における実験事態は法則構造を符号化するのには不適切なものであることを主張した。つまり、Hulseは、自分の研究で用いた実験手続きとCapaldiの実験室のものが異なるという点から、Capaldiらの実験結果は法則符号化理論に矛盾するというよりも無関係であるという立場を採ったのである。

これに対し、Capaldiは、法則構造が符号化しやすいとHulseによって見なされた実験手続きを用いて、いくつかの実験において両理論の検討を行っている。まず、Capaldi, Nawrocki, & Verry(1982)は、弱い単調系列14-5-5-1-0と非単調系列5-5-14-1-0を比較し、0ペレット予期は弱い単調減少系列の方が良いのに対し、1ペレットの予期は逆に非単調減少系列の方が優れるという法則符号化理論に矛盾する結果を報告した。彼らは、この結果を正刺激と負刺激との類似度から説明した。つまり、法則符号化がなされるとHulseが考えた5項目系列でも、法則符号化理論ではなく、Capaldiの記憶弁別学習理論に一致する結果が得られたのである。

また、Capaldi, Nawrocki, Miller, & Verry(1985, 実験1)は、Hulse & Dorsky(1977)が用いた試行間間隔15秒から20秒、系列間間隔15分で1日4回系列を繰り返すという実験手続きにおいても、Capaldi & Molina(1979)と同様に15-10-5-0系列よりも15-15-0-0系列の方が0ペレットが良い、という記憶弁別理論に一致し系列符号化理論に合わない結果を得ている。

さらに、Capaldi以外の研究者について見ると、Haggbloom & Brooks(1985)も、Hulse & Dorsky(1977)と同じ実験手続きを用いて、14-7-3-1-0系列よりも14-9-1-1-0系列が0ペレット予期が優れることを見だし、

第4節 まとめ

1940年代から約30年にわたり、部分強化効果を説明するために、様々な理論が展開された。初期の理論であるBitterman, Fedderson, & Tyler (1953)の弁別理論は、それ以後の理論とは異なり、習得期の強化系列の全体構造を重視するゲシュタルト的な観点を持った理論であった。

しかし、1960年代から70年代にかけて、部分強化をめぐるAmsel (1958, 1967)のフラストレーション理論とCapaldi (1966, 1967, 1971)の系列理論を中心に、S-R理論の流れの中で活発な論議が行われた。Amsel理論は末梢的な媒介過程を取り入れたHull-Spence派の媒介理論を拡張したものであった。つまり、Amsel理論は、Hull (1943)の強化理論では説明できなかった部分強化効果をHullの理論枠組みで何とか説明しようと試みたものであり、完全にS-R理論としてとらえられる。

Capaldiの系列理論は、内的刺激である S^N と走行反応間の条件づけを考える点において、S-R理論の特徴を示す。しかし、系列理論では、 S^R や S^N を末梢的なものではなく、中枢的な記憶とみなした。つまり、Capaldiは、記憶過程を重視するという1970年代後半からの動物学習研究における認知的傾向を、1960年代にすでにとらえていたと言える。

さらに、Capaldiは、部分強化理論である系列理論を発展させ、前試行での強化事象に関する記憶に基づいてラットが次試行の強化を予期するという記憶弁別理論を提唱した。つまり、部分強化効果を説明するために打ち立てられた部分強化理論が、与えられた強化系列を動物がどのように捉えるかという動物の認知過程に関する研究へと展開されていったのである。この部分強化理論の展開は、S-Rから認知へと変遷して行った動物学習理論の流れを非常によく反映している。

一方、人間の系列学習研究は1930年代のS-R理論内で始められ、情報科学の影響を受けて認知的研究に姿を変え、認知的アプローチによって見事に花を咲かせた。その中で、Hulse(1978)は人間の系列学習での認知的研究の方法論をラットにも適用した。そして、ラットは与えられた強化系列の法則構造を符号化するという強化系列学習における法則符号化理論を提唱した。Hulseの理論は、系列の全体構造を重視した初期の部分強化理論であるBitterman et al.(1953)の弁別理論と共通するものがある。

したがって、強化系列に関する研究はBitterman et al.の弁別理論に始まり、1つは部分強化理論を通してCapaldiの記憶弁別理論として実を結び、もう1つは人間の認知研究を経てHulseの法則符号化理論にたどり着いたと言うことができる。つまり、ラットの強化系列学習はHulseにとっては人間の理論をラットに下ろした所にあり、Capaldiにとっては部分強化理論の延長線上にあった。言い替えれば、歴史的背景も理論的背景も全く逆の上から下がってきたアプローチと下から上がってきたアプローチが強化系列学習という同じ場所でぶつかりあったのである。このように考えると、強化系列学習をめぐるHulseとCapaldiの対立は、単に2人の研究者をめぐる対立ではなく、学習心理学の大きな流れの方向性における対立を反映している点で、非常に興味深いものである。

Hulseの法則符号化理論は、第3節で検討したように、Capaldiの研究などから否定されている。これは、すなわち、強化系列学習を扱う場合に、Hulseが言うような法則構造という認知的なレベルの用語を持ってこなくても、Capaldiのように前試行での強化事象という刺激レベルでラットの認知過程が説明できることを示している。このような意味では、ラットの認知過程は行動主義的な立場で説明できると言っても良いのかも

しれない。

第二章 強化試行における記憶のリセット

第1節 問題提起

第一章で述べたように、強化系列学習に関する理論として、部分強化効果を説明する理論（部分強化理論）から発展してきたCapaldiの記憶弁別理論(Capaldi & Molina, 1979; Capaldi, Verry, & Davidson, 1980a)が有力である。記憶弁別理論は、強化(R)、無強化(N)がそれぞれ次の試行において記憶 S^R 、 S^N を引き起こすことを仮定したCapaldi(1966)の系列理論に基づいた理論である。なお、ここでいう記憶とは、以前に生じた場面に動物が戻された時にはいつでも想起されるという場面依存的な特質を持つ刺激残効のことを指す。この系列理論の考え方にに基づき、記憶弁別理論では、当該試行までに与えられた強化事象に関する記憶が強化に対する弁別刺激になることを仮定している。

強化系列学習では、明暗弁別学習などとは異なり、弁別刺激として外的な手がかりが与えられることはない。したがって、強化系列学習を研究する上で、ラットが各試行でどのような強化事象の記憶を弁別刺激として用いているかを明確にする必要がある。

与えられた強化事象をラットがどのようにとらえるかについて、記憶弁別理論を整理してみると次のようになる。

① 無強化は次試行において内的な記憶 S^N を引き起こし、無強化試行が連続する場合、 S^N は、強化試行が行われるまで、 S^{N1} 、 S^{N2} 、 S^{N3} 、 S^{Nk} というように漸進的に変容していく。

② 強化は次試行において内的な記憶 S^R を生起させ、 S^R は与えられた報酬ペレットの数にしたがって、 S^1 、 S^2 、 S^3 という刺激次元に並ぶ。

なお、上の①は、系列理論(Capaldi, 1966, 1967)以来、一貫して採られてきた考え方である。ここで重要であるのは、①は、無強化の記憶が無強化試行が連続するのに伴い変容していくことを仮定しているのに対し、②では、各強化の記憶はペレット数によって異なるものの、強化試行が連続した場合に記憶が試行に伴って変容していくとは考えられていない点である。

Capaldi & Molina(1979)が、20-10-0系列では第2試行で S^{20} が生起し、第3試行で S^{10} が生起すると述べているように、記憶弁別理論では、強化の記憶は1試行ごとに独立しており、第3試行で $S^{20} + S^{10}$ が生起するとは仮定されていない。この考えは、系列理論の根本原理として、 S^N が強化を受けると走行反応と条件づけられ、そこで S^N の刺激変容が終了すると考えられていたことに基づいている。つまり、Capaldiの理論では、系列理論でも記憶弁別理論でも、強化を受けると刺激変容が0に戻り、そこから新たな変容が開始されること、つまり、強化試行において記憶がリセットされることが仮定されていたのである。

したがって、Capaldiの理論によれば、強化試行が連続しても、ラットは各強化試行において記憶をリセットするので、強化の記憶が試行に伴って変容していくことはない。また、強化試行に無強化試行が続く場合にも、動物が強化の記憶と無強化の記憶を複合して1つのものとしてとらえるとは考えられないのである。

しかし、Capaldi & Verry(1981)は、5-0-20系列と20-0-0系列という2つの系列を1日2回ずつランダムに行った場合、5-0-20系列の第3試行(20)では走行が速いのに対し、20-0-0系列の第3試行(0)では走行がきわめて遅いことを見いだした。強化の記憶と無強化の記憶が独立したものであるという考えに従えば、どちらの系列でも第3試行では S^0 (S^{N1})

が生起するので、両系列の走行間には差がないはずである。そこで、Capaldi & Verryは、ラットが5-0-20系列では $S^5 + S^0$ 、20-0-0系列では $S^{20} + S^0$ という複合記憶を用いていたことを示唆している。

このように、ラットが強化試行で記憶をリセットするかどうかに関して、記憶弁別理論とCapaldi & Verryの見解は一致していない。不一致の原因として、それまでの強化系列学習実験では、各ラットに1つの系列しか与えていなかったのに対し、Capaldi & Verryは2つの系列をランダムに与えるという並列的系列を用いていたことが挙げられる。

Capaldi & Verryが用いた並列的系列では、強化と無強化の記憶を複合しなくてはそれぞれの第3試行の強化事象を予測することはできない。一方、単一系列の場合には、そのようなことを行わなくても、強化事象を予測することができる。というよりも、これまでの単一系列を用いた実験では、ラットが強化の記憶と無強化の記憶を複合して用いるか、それとも強化試行で記憶をリセットするかを厳密な意味で比較する試みはなされていない。

そこで、実験1では、単一系列を用いてラットが強化試行においてそれまでの強化事象に対する記憶をリセットするかどうかを検討することを目的とする。

さらに、実験1にはもう1つの大きな意味がある。これまで、ラットの強化系列学習では、記憶弁別理論と系列符号化理論のいずれにしても、用いられた強化系列が同じであれば、そこには遂行の差がないと考えられていた。したがって、強化系列以外の条件はほとんど研究されてこなかったといってもよい。

一方、人間の系列学習では項目として数字やアルファベットが用いられるが、系列の途中に長い時間間隔がおかれたり、項目がリズムにあわ

せて提示されると、長い系列がいくつかの小さな系列に分けられることが知られている（例えば、Bower & Winzenz, 1969）。この系列を分けるための手がかりは、分節手がかりと呼ばれている（Restle, 1972）。人間の系列学習において見いだされたこの知見をラットの強化系列学習に適用すると、ラットも何らかの刺激を分節手がかりとして用い、系列を学習し易いように分けている可能性が挙げられる。

そこで本研究では、ラットを人間と同様に能動的な情報の処理体としてみなし、ラットが自発的に系列を分けるような分節手がかりとなる刺激を捜し出し、ラットの強化系列学習における認知過程を明らかにすることを全体的な目的とする。実験1はこの全体的な目的を達成するための第一歩として、ラットが系列を分ける条件の第1候補として強化試行を挙げ、強化事象によってラットがそれまでの強化事象に関する記憶をリセットするかどうかを検討する。

第2節 実験1：2NR2N系列、R4N系列、4NR系列、N-Irg群 の比較

強化系列学習では、刺激項目として14-7-3-1-0系列に見られるような報酬ペレット数が用いられていた。これは、Hulse(1978)の法則符号化理論では全体の法則構造が重視されたので、系列に法則構造をもたせるために、ペレット数を体系的に変化させる必要があったことによる。しかし、ラットは14-7-3-1-0というペレット数に対応した走行を示すのではなく、通常は0ペレットの走行がきわめて遅い以外、他の試行間の走行には差が示されない（例えば、Hulse & Dorsky, 1977; Haggbloom & Brooks, 1985）。したがって、厳密に言えば、学習の程度を検討するのに、0ペレット以外の試行に対して0ペレット試行での走行がどの程度遅かったかという1つの指標しか有効ではない。

一方、0ペレット試行数を増やせば、各試行でラットはどのような記憶を弁別手がかりとして用いていたかを、それぞれの0ペレット試行の走行速度から推測することが可能となる。また、ラットが強化試行でそれまでの記憶をリセットするかどうかを検討するためには、ペレット数を変化させる必要は特別見あたらない。それよりも、強化試行で記憶がリセットされたかどうかによって、走行パターンが顕著に異なるような系列を用いる必要がある。

そこで、実験1では、5試行系列の中央に強化試行がくる2NR2N（NNRNN）系列を用いる。強化試行では15ペレットが用いられたのでペレット数にしたがって表示すると0-0-15-0-0系列となるが、本研究はペレット数を体系的に変化させた実験ではないので、NとRの配置に基づいて系列を表すことにする。

2NR2N系列では、第1試行で S^{T1} 、第2試行が S^{N1} 、第3試行で S^{N2} が生起すると考えられる。なお、 S^{T1} とは系列の第1試行に特有な刺激である。ここで、記憶弁別理論が示唆するように、強化試行である第3試行で強化事象に関する記憶がリセットされると、第4試行から新たな系列が始まることになる。この場合、第4試行では第1試行と同様に S^{T1} が、第5試行では第2試行と同様に S^{N1} が生起すると考えられる。

各無強化試行での走行速度は、その試行で生起する記憶と強化試行で生起した記憶（正刺激）との類似度によって決定される（Capaldi, 1967, 1979）。2NR2N系列では第3試行で生起する S^{N2} が正刺激となるので、強化試行で記憶がリセットされた場合、第1試行から試行を重ねるごとに走行は速まり、強化試行である第3試行で走行のピークを示した後、第4試行での走行がきわめて遅く、第5試行では再び速く走ることが予測される。

一方、Capaldi & Verry(1981)が並列的系列で示したように、ラットが強化と無強化の記憶を複合して用い、強化試行でそれまでの記憶をリセットしないということが単一系列でも行われるのであれば、全く異なる走行パターンが2NR2N系列で得られることが予測される。

また、強化事象に関する記憶が強化に対する弁別手がかりになっていることを確認するために、毎日の第5試行が常に強化を受け残りの4試行が無強化である4NR(NNNNR)系列と、第1試行のみが常に強化を受けるR4N(RNNNN)系列、第2試行から第5試行までのいずれかがランダムに強化を受けるN-Irg群についても検討を加える。

方法

● 被験体 被験体としてWistar-Imamichi系のナীবな雄ラット52匹が

用いられた。これらのラットは実験開始時に約100日齢であった。

装置 装置として、Fig.1に示すような長さ23cmの出発箱、93cmの走路、31cmの目標箱からなる全長147cm、幅12cm、高さ16cmの木製灰色直線走路が用いられた。装置の上部にはプレキシガラスの蓋が付けられており、出発箱、走路、目標箱はそれぞれ灰色プラスチック製のギロチンドアによって仕切られていた。目標箱の終端には、強化試行で報酬を置くために、直径3cm、高さ0.7cmの餌皿が取り付けられていた。

装置には、走行時間を測定するために3組の光電管が設置され、それぞれタイマーに接続されていた。第1のタイマーは、出発箱のギロチンドアが上げられると同時に始動し、ギロチンドアから16cm先にある第1の光電管がラットによって遮断された時に停止した。第1のタイマーの停止と同時に第2のタイマーが始動し、第1の光電管から54cm先にある第2の光電管が遮断されるまでの時間が測定された。第2のタイマーが止まると同時に第3のタイマーは作動し、第2の光電管から28cm先にある第3の光電管が遮断されるまでの時間を測定した。第1、2、3のタイマーによって測定された時間をそれぞれ出発、走行、目標時間とし、これらの合計を総走行時間とした。

手続き 本実験は、予備訓練期（12日間）、習得期（24日間）からなっていた。

（1）予備訓練期：予備訓練第1日目より、1匹あたり約12gの餌ペレットを与えるという食餌制限が開始された。この食餌制限の結果、予備訓練最終日までに、すべてのラットの体重は、実験開始前の85-90%まで減少した。この体重は、食餌制限によって実験終了時まで維持された。報酬用ペレットに慣れさせるために、予備訓練5日目から8日まで、各ラットに45mgのペレット15個が個別ケージ内で与えられた。

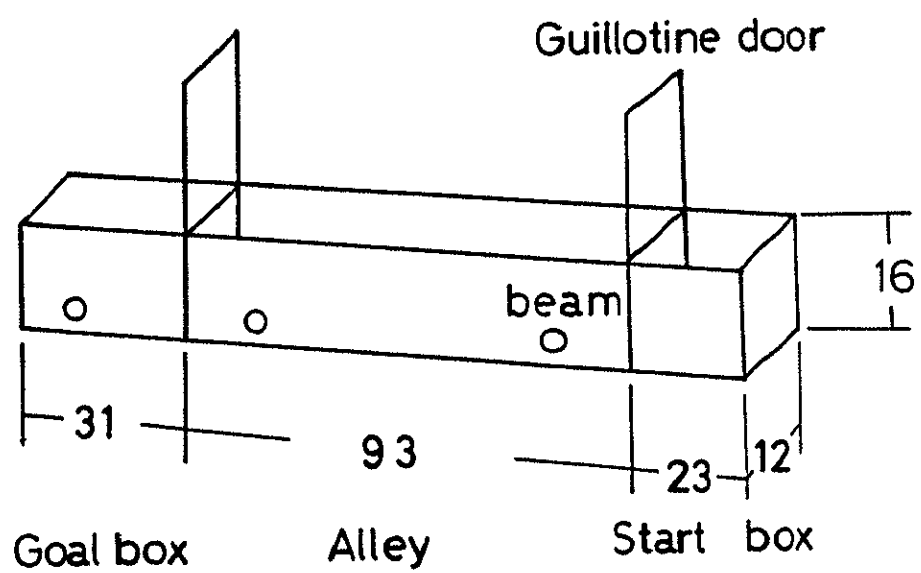


Fig.1 Apparatus

9日目と10日目には、各ラットに対し、3分間のハンドリングが行われ、その後、個別ケージ内でペレット15個が与えられた。11日目と12日目には、3分間のハンドリング終了後、4匹を1組として8分間の集団走路探索が行われ、その後、各ラットに対し個別ケージ内でペレットが15個与えられた。探索時には2つのギロチンドアは開けられていた。

(2) 習得期：予備訓練12日目の翌日に、被験体は強化を受ける試行に応じて、4NR群、R4N群、2NR2N群、N-Irg群の4群に分けられ、24日間にわたる習得訓練が行われた。習得期では、各群に対し1試行の強化試行と4試行の無強化試行からなる5試行の訓練が毎日行われた。4NR群では、毎日の第5試行が常に強化試行であり、残りの4試行は無強化試行であった。R4N群では第1試行が、2NR2N群では第3試行がそれぞれ強化試行であった。N-Irg群では、第1試行は常に無強化であり、第2から第6試行のいずれか1試行がランダムに強化された。

各群から1匹ずつの計4匹を1組として、ラットは飼育室から実験室に持ってこられ、個別ケージに入れられた。試行は、出発箱にラットを入れ、その直後に2つのギロチンドアを開けることによって開始された。出発箱のギロチンドアは、ラットの全身が走路部分に出た時に、目標箱のギロチンドアは、ラットが目標箱に完全に入った時に閉じられた。強化試行では、目標箱の餌皿に45mgの報酬用ペレット15個が置かれ、ラットは、最後のペレットを食べ終るとすぐに、目標箱から個別ケージに移された。15個のペレットを食べるのに要する時間は平均10秒であった。無強化試行では、ラットは目標箱に10秒間閉じ込められた後、個別ケージへ移された。試行が終了したら、すぐに次のラットの試行が始められた。このように4匹1組で試行が行われたので、試行間間隔(ITI)

は、習得初期では約15分から25分、習得後期では5分から8分であった。なお、集団内の被験体の走行順序は日間でランダムに決められた。1つの集団のすべての被験体の試行が終了したら、次の集団が実験室に持ってこられ、同様な手続きで実験が続けられた。

出発、走行、目標のいずれかの時間が60秒を経過した時、ラットはその場所から取り上げられ、直接目標箱に入れられた。この場合、その区画の時間と以後の各時間にはそれぞれ60秒という値が記録された。

結果

出発、走行、目標時間を合計した走行時間の逆数をもって走行速度とした。各群の走行速度の推移を、4日を1ブロックとしてFig.2, 3, 4, 5に示した。Fig.2からわかるように、4NR群では第1、2、3と試行を追うごとに走行速度が上昇し、強化試行である第5試行で最も速く走るという走行パターンが獲得されていた。最終ブロックについて分散分析を行ったところ、試行の主効果が有意 ($F=23.17, df=4/48, p<.01$) だったので、Tukeyの多重比較でどの走行間に差があるのかを分析した。なお、本研究では、多重比較の有意水準はすべて5%とした。その結果、第1試行での走行は他のどの試行よりも有意に遅く、第2試行よりも第4、5試行で有意に速く走っていた。

Fig.3のR4N群に関する分散分析の結果、最終ブロックにおいて試行の主効果が有意であり ($F=22.20, df=4/48, p<.01$)、多重比較によって、第1試行の走行が他の試行よりも有意に速いことが示された。また、第2試行から第5試行までの無強化試行の走行間には、有意差は認められなかった。

Fig.4から、2NR2N群は、最初の3試行は試行を追うごとに速度

が上昇し、第3試行で最も速く走り、その後は走行速度が減少していくという走行パターンを訓練の進行に伴い獲得していくことがわかる。最終ブロックに関する分散分析の結果、試行の主効果が有意であった($F=18.75, df=4/48, p<.01$)。そこで、多重比較を行ったところ、第1試行での走行が最も遅く、第5試行が第2、3、4試行よりも有意に遅いことが示された。なお、第2、3、4試行間の差は有意水準には達しなかった。

Fig.5のN-1rg群の最終ブロックに関する分散分析の結果、試行の主効果が1%水準で有意であった($F=22.19, df=4/48, p<.01$)。さらに、多重比較では、第1試行でのみ遅く、第2から第5試行までの走行には差が認められなかった。また、走行パターンが強化試行の位置に依存しているかを調べるために最終ブロックのデータについて1日ごとに分析したところ、各日の走行パターンに差はみられず、強化試行がどこで行われたかに関係なく、ラットは第2から第5試行において同様に速く走っていた。

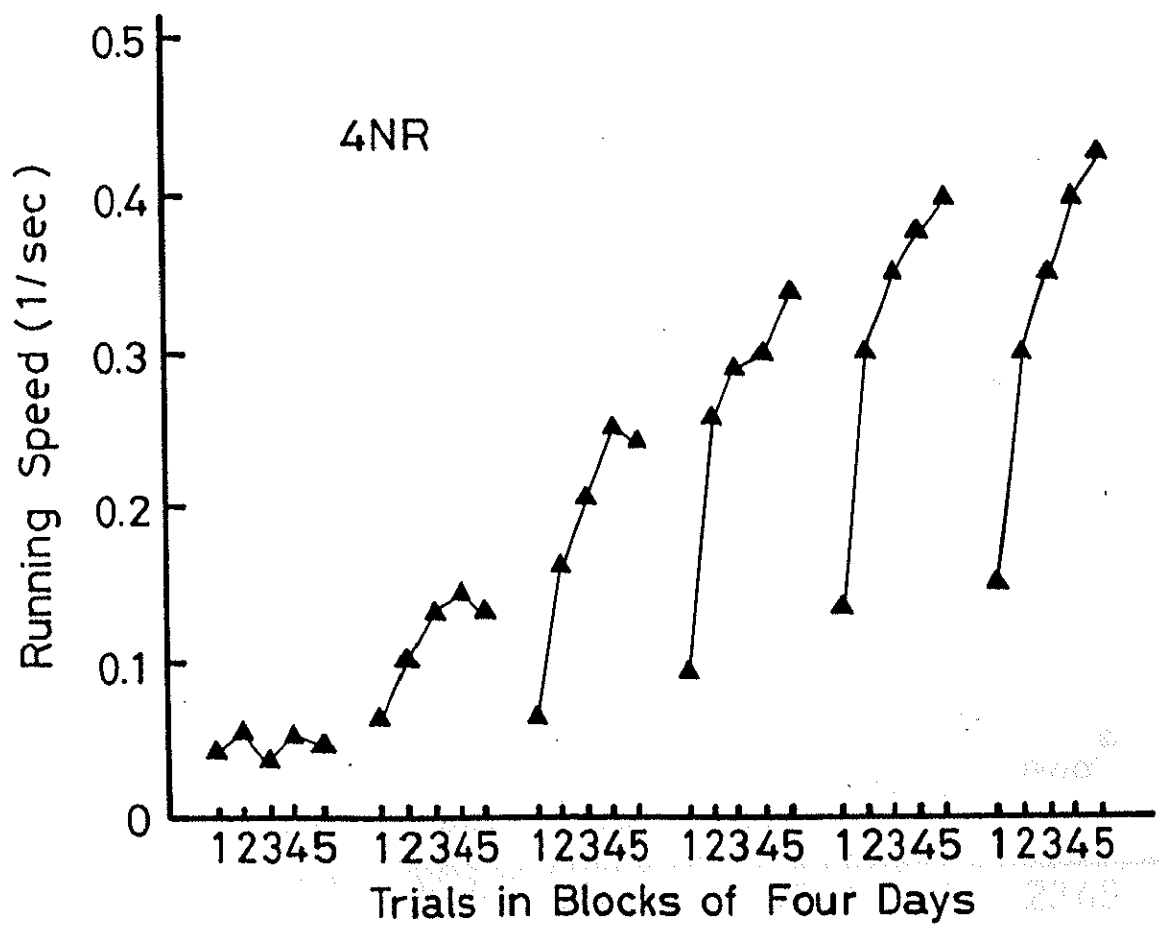


Fig.2 Running speeds of Group 4NR on each of the five trials of 4-day blocks

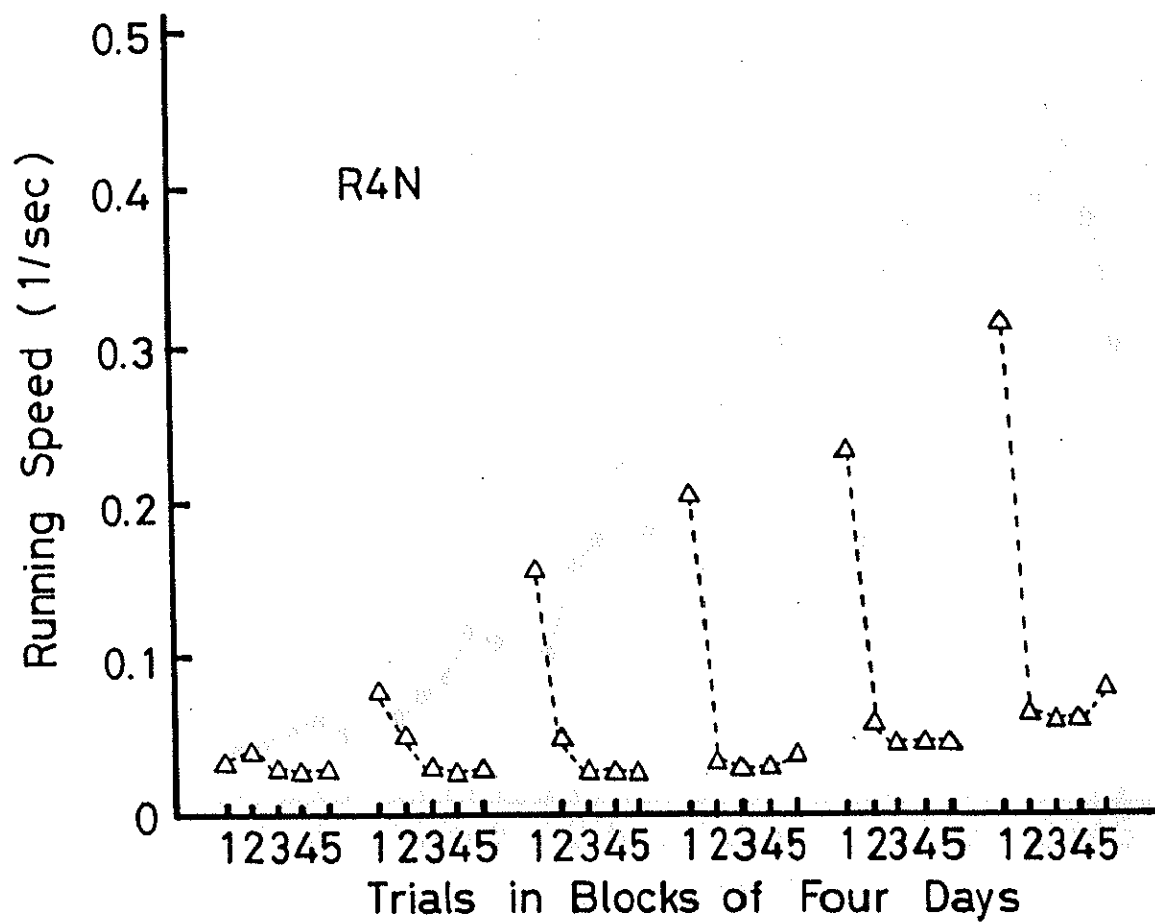


Fig.3 Running speeds of Group R4N on each of the five trials of 4-day blocks

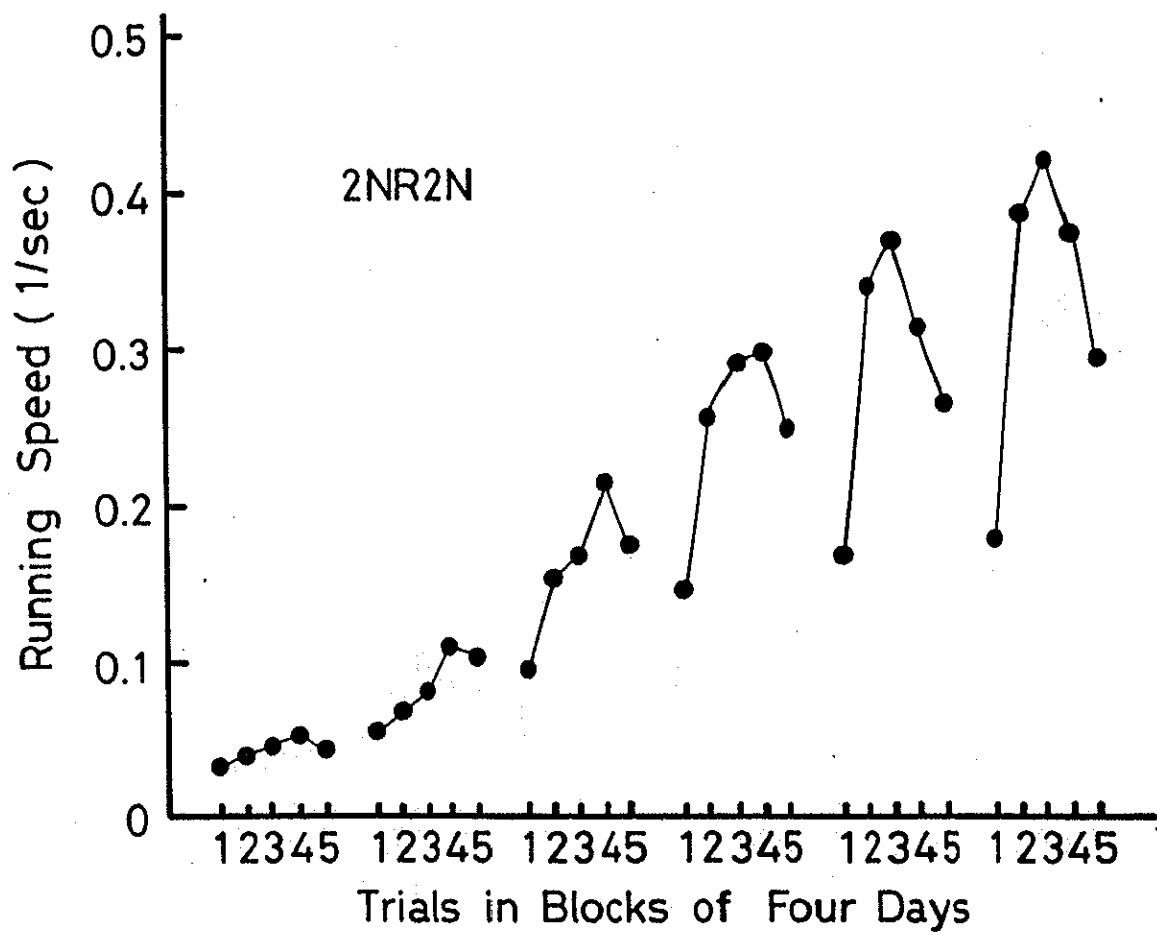


Fig.4 Running speeds of Group 2NR2N on each of the five trials of 4-day blocks

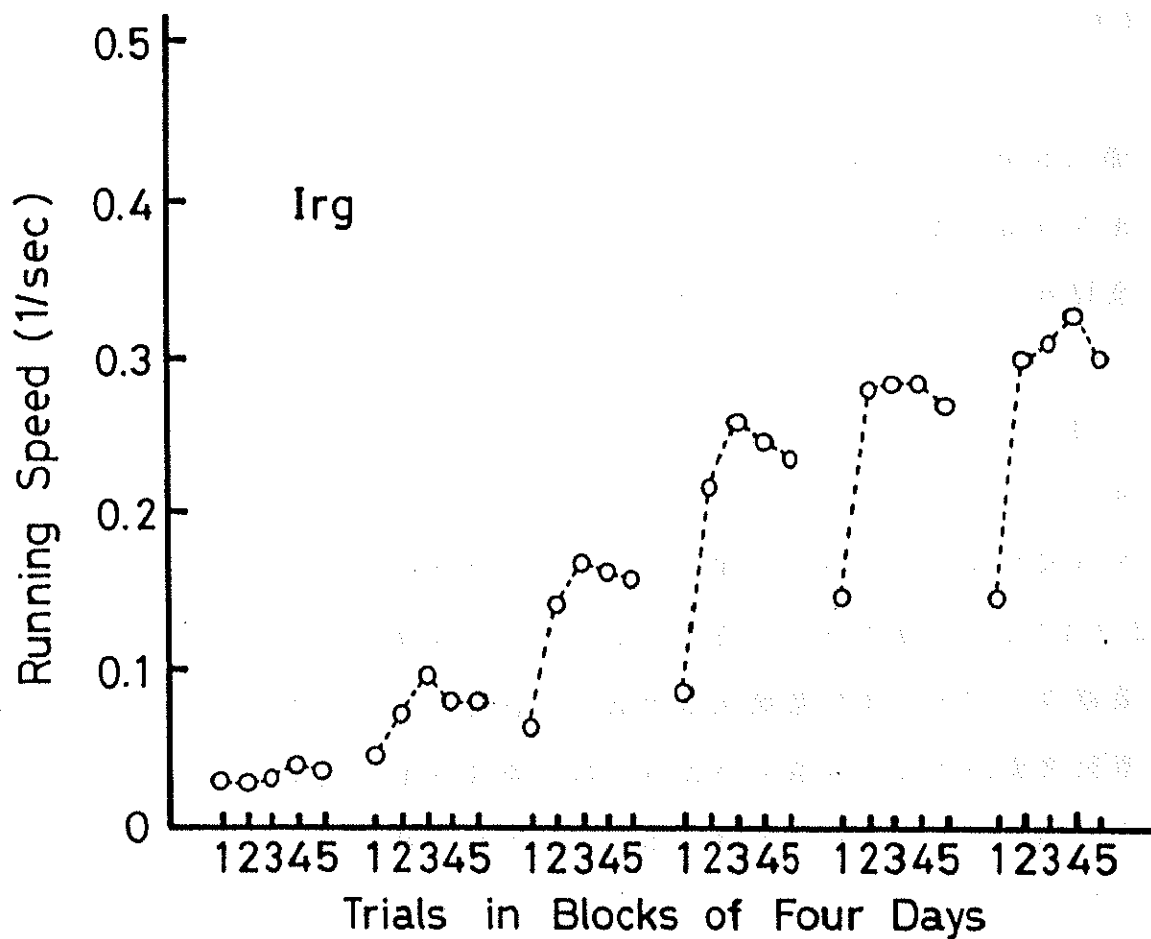


Fig.5 Running speeds of Group N-Irg on each of the five trials of 4-day blocks

考察

記憶弁別理論によれば、ラットは無強化試行数に関する記憶 S^{Nk} と強化の記憶 S^R を別々に弁別刺激として用いていることが仮定されている。たとえば、単一交替系列では、強化試行では常に S^{N1} が生起するので、 S^{N1} は正刺激となり、無強化試行で常に生起する S^R は負刺激として機能すると考えられている (Capaldi, 1979)。

しかし、実験 1 の 2NR2N 系列で示された逆 V 字型走行曲線は、記憶弁別理論からの予測に一致しない。記憶弁別理論では、強化試行である第 3 試行において強化事象に関する記憶がリセットされることが仮定されているので、第 1 試行で S^{T1} 、第 2 試行が S^{N1} 、第 3 試行が S^{N2} 、第 4 試行では第 1 試行と同様に S^{T1} が、第 5 試行では第 2 試行と同様に S^{N1} が生起すると考えられる。したがって、この考えによれば、 S^{N1} が第 2 と第 5 の両試行で生起することになり、第 5 試行よりも第 2 試行での走行が速いという本結果を説明できない。また、第 4 試行の S^R よりも第 5 試行の S^{N1} の方が、第 3 試行で生起する正刺激である S^{N2} との類似度が高いので、第 4 試行よりも第 5 試行の走行が速いことが記憶弁別理論から予測されたが、実際にはまったく逆の結果が得られていた。さらに、 S^{T1} が第 1 試行と第 4 試行で生起することが仮定されていたので、第 4 試行の走行の方が速いことも説明できない。

一方、2NR2N 系列で得られた逆 V 字型走行曲線は、ラットは無強化事象の記憶を強化試行でリセットせずに、前試行までに与えられたすべての強化事象に関する記憶を弁別手がかりとして用いていることを示している。強化試行で記憶がリセットされない場合、リセットされる時と同様に、第 1 試行で S^{T1} 、第 2 試行で S^{N1} 、第 3 試行で S^{N2} が生起し、 S^{N2} が正刺激となる。しかし、第 4 試行以降で生起する記憶が異なって

くる。つまり、第4試行では、無強化が2試行連続した後に強化が与えられたことに対する記憶 $S^{N2} + S^R$ が生起し、第5試行ではさらにその後に無強化が後続したことの記憶 $S^{N2} + S^R + S^{N1}$ が生起すると仮定される。ここで、正刺激である S^{N2} と各試行で生起する記憶との類似度は、第3試行までは試行を重ねるごとに上昇し、第4試行以降は減少する。したがって、2NR2N群は、第3試行までは走行速度が徐々に上昇し、強化試行である第3試行で最も速い走行を示し、第4試行以後は徐々に速度が減少したと考えられる。

4NR系列とR4N系列で得られた走行曲線も、2NR2N系列での結果と同様に、ラットは前試行までのすべての強化事象の記憶を弁別手がかりとして用いていることを示している。

4NR系列では、第1試行から第5試行で生起する記憶は、それぞれ S^{T1} 、 S^{N1} 、 S^{N2} 、 S^{N3} 、 S^{N4} である。この場合、第1試行から第4試行の各試行で生起する記憶は、試行が進むに伴い、正刺激である第5試行での S^{N4} に対する類似度が上昇していく。したがって、本実験で示されたように、第1試行から第5試行まで走行は徐々に速まっていったのである。

R4N系列では、第1試行での S^{T1} が正刺激となる。第2試行では直前の試行で強化が与えられたことの記憶 S^R が生起する。第3試行では強化試行に無強化試行が1試行後続したことの記憶 $S^R + S^{N1}$ が、第4試行では、 $S^R + S^{N2}$ 、第5試行では $S^R + S^{N3}$ が、それぞれ生起する。R4N群では、2NR2N群や4NR群とは異なり、すべての無強化試行での走行がきわめて遅かった。この結果は、正刺激である S^{T1} から各無強化試行で生起した記憶に対する般化が見られなかったことを示している。 S^{T1} に関して、Capaldi & Morris(1974)も、強化事象の記憶である S^R や

S^Nとは刺激次元が異なることを指摘している。

Self & Gaffan(1983)は、ある強化試行がその試行までに生じたかどうかをラットは記憶できることを示唆している。この見解を実験1の結果に適用すると、ラットは強化試行が与えられるまで速く走り、強化を与えられた以降は遅く走るという方略を用いていた可能性がある。しかし、強化試行がランダムに与えられた時には走行パターンが強化試行の位置に影響されないというN-Irg群の結果は、Self & Gaffanが示唆したような方略をラットは用いていないことを示している。

第三章 強化事象に対する記憶がリセットされる事例

第1節 問題提起

第二章より、ラットは強化と無強化の記憶を複合させた前試行までのすべての強化事象に関する記憶を弁別刺激として用いていたことが示された。すなわち、強化試行はラットが記憶をリセットする分節手がかりではなかった。それでは、記憶がリセットされるためには、他にどのような条件が考えられるのであろうか。

人間の系列学習では、短い時間間隔で提示された項目はまとめられ、長い時間間隔後に提示された項目は別の系列としてとらえられることが知られている（例えば、Restle, 1972）。人間の系列学習理論に基づいたHulseの系列符号化理論に対しては、第一章で述べたように、疑問がもたれている。しかし、ここでは人間の系列学習で得られた知見を動物に適用するというHulseのアプローチ法だけを採用し、時間間隔、つまり試行間間隔（ITI）が分節手がかりになるかどうかについて検討する。

そこで、第三章では、3試行で十分な訓練を行い3試行の強化系列を習得させた後、新たな3試行系列をそれまでのITIの長さと同じ30秒後に与える（S-ITI：Short Intertrial Interval）条件と、30分という長い間隔の後に与える（L-INT：Long Interval）条件を比較する。つまり、この2群を比較することによって、ラットが、新たに与えられた3試行を、それ以前の3試行とは別の系列として分節するか、それとも両系列を併せて6試行からなる1つの系列として学習するかを、様々な系列を用いてITIの等間隔性という観点から検討することが、本章の目的である。なお、以下の部分では、他のITIとは1カ所だけ

長さが異なる I T I をインターバルと呼んで他の I T I と区別する。

第2節 実験2：NNR系列にNNN系列を付加した場合

実験2では、第1と第2試行が無強化で第3試行が強化試行であるNNR系列で訓練した後、3試行の無強化試行を付加する。したがって、付加期では、第3試行のみが強化を受け、残りの5試行は無強化であるNNRNNNN系列が与えられる。

第二章での分析にしたがえば、NNR系列における各試行で生起する記憶は、第1試行から順に S^{T1} 、 S^{N1} 、 S^{N2} であり、第3試行での S^{N2} が正刺激となる。付加期において、ラットが6試行をNNRNNNNという1つの系列として学習した場合には、第4試行以降の各試行で生起する記憶は、 $S^{N2} + S^R$ 、 $S^{N2} + S^R + S^{N1}$ 、 $S^{N2} + S^R + S^{N2}$ となる。この場合、正刺激である第3試行での S^{N2} と各試行で生起する記憶との類似度は試行が進むにつれて減少するので、強化試行である第3試行を頂点とする逆V字型走行曲線が得られることが予測される。

一方、6試行がNNR系列とNNN系列という2組の3試行系列に分節された場合には、第4試行から新たな系列が始まることになるので、第4試行では S^{T1} 、第5試行で S^{N1} 、第6試行で S^{N2} が生起することが仮定される。この場合、第1試行から第3試行で得られた走行曲線と同様な曲線が、第4試行以後でも得られることになる。

方法

被験体 被験体としてWistar-Imamichi系のナイーブな雄ラット20匹が用いられた。これらのラットは実験開始時に約90日齢であった。

装置 前実験と同じ直線走路。

手続き 本実験は、予備訓練期（12日間）、習得期（24日間）、付加

期（8日間）からなっていた。

（1）予備訓練期：実験1と同じ。

（2）習得期：予備訓練12日目の翌日から、24日間にわたり習得期の訓練が行われた。習得期では、毎日の第1、2試行が無強化であり第3試行のみが強化試行であるNNR系列が、1日1回与えられた。なお、ITIは30秒であった。つまり、いずれの試行においても、ラットは個別ケージに30秒入れられた後、次の試行が行われた。また、1匹のラットの1日の試行がすべて終了してから、次のラットの試行が行われた。各被験体はその日の何番目に走行するかという順序は、日間でランダムであった。

（3）付加期：習得期の最終レベルに差がないように、被験体はS-IITI群とL-INT群の2群に分けられ、8日間にわたり付加期が行われた。付加期では、S-IITI群は、NNR系列の30秒後に3試行の無強化試行からなるNNN系列が付加された。一方、L-INT群では、NNR系列の30分後にNNN系列が付加された。両群とも系列内のITIは30秒であった。つまり、S-IITI群は、6試行すべてを30秒ITIで受けたのに対し、L-INT群では、第3試行と第4試行間のインターバルが30分であり、これ以外のITIは30秒であった。なお、S-IITI群のラットの試行が行われている場合には、6試行すべてが終了する前に他のラットの試行が始められることはなかった。一方、L-INT群の場合には、第3試行と第4試行間の30分インターバルの間に、30分以内で終了するような他のラットの試行を適宜行った。

なお、以上の点を除き、具体的な実験手続きは実験1と同じであった。

結果

習得期 4日間を1ブロックとして、習得期の各ブロックにおける走行速度の推移を示したのがFig.6である。

Fig.6から、訓練の進行に伴い、第1試行で遅く、第2、第3試行で速く走るといふ走行パターンが習得されていくことがわかる。ブロック別に分散分析を行った結果、試行の効果は第2ブロック以降のすべてのブロックにおいて有意であった（第2ブロック： $F=17.69$ ；第3： $F=25.20$ ；第4： $F=36.96$ ；第5： $F=52.78$ ；第6： $F=94.24$ ，すべて $p<.01$ ， $df=2/38$ ）。そこで、第2ブロック以降の各ブロックについて、どの試行間に差があるのかをTukeyの多重比較で分析した。その結果、第2ブロック以降のすべてのブロックにおいて、第1試行の走行のみが有意に遅く、第2、3試行間には有意な差は認められなかった。

付加期 Fig.7は、2日を1ブロックとして、付加期の各ブロックにおける走行速度を群別に示したものである。ブロック別の分散分析の結果、すべてのブロックにおいて、群×試行の交互作用が有意であり（第1ブロック： $F=2.89$ ， $p<.05$ ；第2： $F=3.83$ ， $p<.01$ ；第3： $F=2.68$ ， $p<.05$ ；第4： $F=4.05$ ， $p<.01$ ， $df=5/90$ ）、各ブロックにおいて、S-I-T-I群とL-I-N-T群は異なる走行パターンを示していた。

次に、各群の走行パターンを検討するため、群別に走行速度の分析を行った。S-I-T-I群に関する分散分析の結果、すべてのブロックで試行の効果が有意であった（第1： $F=12.55$ ；第2： $F=11.35$ ；第3： $F=5.98$ ；第4： $F=6.86$ ，すべて $p<.01$ ， $df=5/45$ ）。各ブロック別の多重比較の結果、第1ブロックでは、第1試行が他のどの試行よりも有意に遅く、第5、6試行が強化試行である第3試行よりも有意に遅いことが示された。また、第5試行の走行は第2、4試行よりも有意に遅かった。第2ブロッ

クでは、第1ブロックの結果に加え、第4試行の走行も第3試行よりも有意に遅く、さらに、第3ブロックでは、第2試行でも第3試行よりも有意に遅く走っていた。

L-I-N-T群においても、試行の効果がすべてのブロックで有意であった（第1:F=11.90；第2:F=18.51；第3:F=10.51；第4:F=15.06,すべて $p<.01$, $df=5/45$ ）。多重比較の結果、第1ブロックでは、第1試行の走行が最も遅く、次いで第4試行が有意に遅かった。また、第2、5、6試行と強化試行の第3試行との間には有意な差は認められず、この4試行の走行は非常に速かった。第2ブロック以降でも、第1試行が遅く、第2、3試行で速く走り、第4試行で遅く、第5、6試行で再び速く走るといふ走行パターンが維持されていた。

付加期において直ちにI-T-Iが分節手がかりとして利用されていたかを詳しく検討するために、付加期第1日目のデータについて特に分析を加えた。群間の分散分析において群×試行の交互作用が有意であり（ $F=2.52$, $df=5/90$, $p<.05$ ）、群別の分散分析でも両群とも試行の主効果が有意であったので（S-I-T-I:F=11.15；L-I-N-T:F=15.49；いずれも $df=5/45$, $p<.01$ ）、群別に多重比較を行ったところ、両群とも第1ブロックで得られたのと同じ結果が示された。

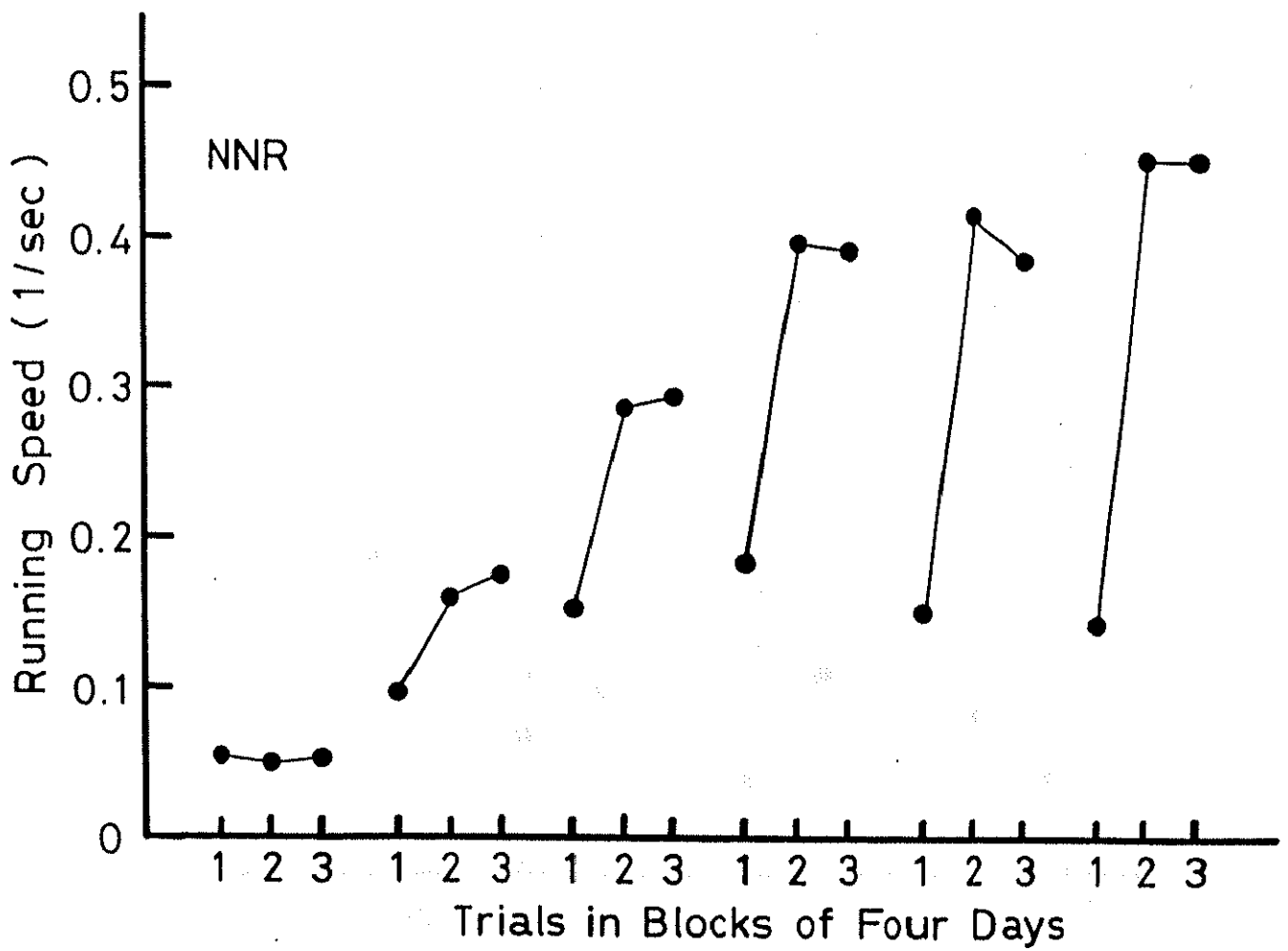


Fig.6 Running speeds under NNR sequence on each of the three trials of 4-days blocks in the acquisition phase

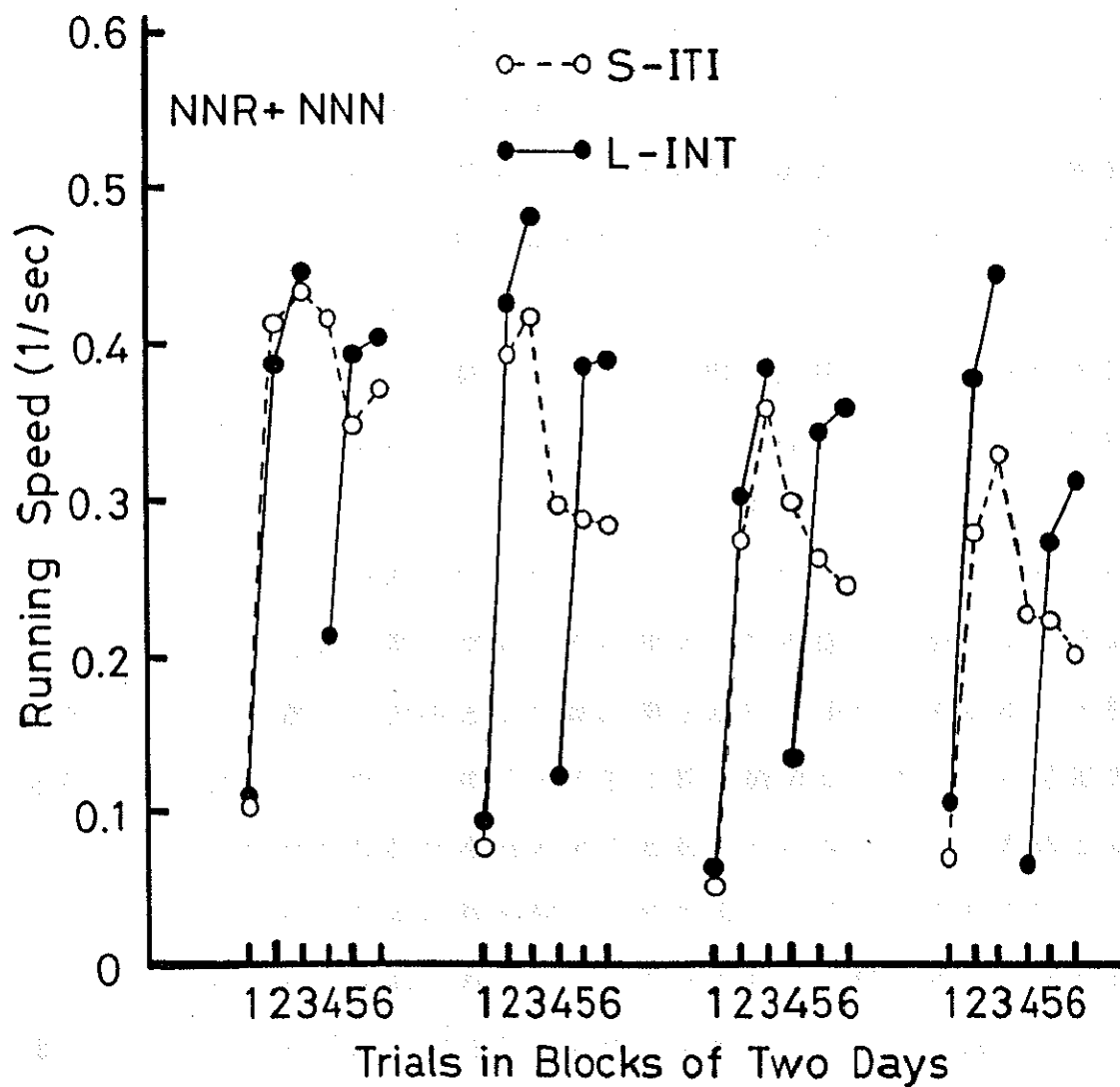


Fig.7 Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT under NNRNNN sequence on each of the six trials of 2-days blocks in the additional phase

考察

習得期では、第1試行で遅く、第2、3試行で共に速く走るという結果が得られた。NNR系列では、第3試行での S^{N2} が正刺激となる。ここで、 S^{N2} と第2試行で生起する S^{N1} は類似性が高いので、ラットは、第3試行に加え、第2試行でも速く走っていたと考えられる。Capaldi (1979)が用いた4NR系列でも、ラットは第1試行でのみ遅く、無強化試行である第2、3、4試行では強化試行の第5試行と同様に速く走っていた。

付加期では、S-I T I群とL-I N T群は、第3試行のみが強化を受け、残りの5試行は無強化であるという同じ強化系列を与えられた。しかし、両群は非常に異なった走行パターンを描いていた。

すべてのI T Iが30秒で行われたS-I T I群では、付加された第4、5、6試行の走行が、第1ブロックの第4試行を除き、強化試行である第3試行よりも遅く、全体としては、第3試行を頂点とする逆V字型の走行曲線を描いていた。このS-I T I群の結果は、ラットが付加された3試行と習得期の3試行を合わせて6試行からなる1つの系列として学習した時に予測される走行曲線と一致する。つまり、それまでのI T Iと同じ間隔で新たな試行が付加された場合には、強化事象に関する記憶はリセットされず、付加された系列はそれまでの系列の続きとして学習されたと考えられる。

一方、第3試行と第4試行のI T Iが30分であったL-I N T群は、第1試行から第3試行までと同一の走行パターンを第4試行から第6試行においても描いていた。この結果から、L-I N T群のラットは与えられた6試行を2組の3試行系列に分節していたことがわかる。つまり、30分という際立だったI T I（インターバル）を与えると、これが系列

第3節 実験3：RNN系列にNNN系列を付加した場合

実験2では、第3試行が強化試行であったので、L-I N T群は、強化試行直後に30分インターバルが与えられていた。したがって、実験2の結果だけでは、ラットが系列を2つに分節するのに、他よりも長いという相対的な時間の長さだけが関係するのか、それとも、長いインターバルが強化試行直後に挿入されなくてはならないのかは、明らかではない。

そこで、この点を明らかにするために、実験3では、第1試行のみが強化を受けるRNN系列を用いる。ここで、ラットが系列を分節する手がかりとして相対的な時間の長さだけを用いているのであれば、RNN系列の30分後にNNN系列が付加されるL-I N T群では、第1試行に加えて、30分インターバル直後の試行である第4試行の走行速度が速まることが予測される。これは、30分インターバルによって、それまでの強化事象に対する記憶がリセットされた場合には、第1試行で生起した正刺激である S^{T1} が、第4試行において再び生起すると考えられるからである。

RNN系列では、L-I N T群は30分インターバルを無強化試行である第3試行直後に与えられる。もし、30分インターバルが強化試行の直後に挿入される場合に限って、系列を分節する手がかりとして機能するのであれば、L-I N T群では、第3試行後に強化事象に関する記憶はリセットされないことになる。この場合、L-I N T群もS-I T I群と同様に正刺激である S^{T1} は第1試行でしか生起しないので、両群とも第1試行においてのみ速く走ることが予測される。

方法

被験体 被験体として、約90日齢のWistar-Kimichi系のナীবな雄ラット20匹が用いられた。

装置 前実験と同じ直線走路。

手続き 習得期に第1試行が強化を受け、第2、3試行は無強化であるRNN系列が与えられた以外は、実験2と同じ手続きで行われた。

結果と考察

習得期 4日間を1ブロックとして、習得期の各ブロックにおける走行速度の推移をFig.8に示す。

習得期における最終の走行パターンを検討するために、第6ブロックに関して分散分析を行った。その結果、試行の効果が有意であった($F=77.46, p<.01, df=2/38$)。さらに、Tukeyの多重比較によって、第1試行の走行は、第2、3試行よりも有意に速いことが示された。なお、第3、4、5ブロックにおいても、第6ブロックと同様な結果が見られていた。

付加期 Fig.9は、2日を1ブロックとして、付加期における走行速度を群別に示したものである。第1ブロックに関する分散分析の結果、群×試行の交互作用が有意($F=2.89, p<.05, df=5/90$)であったので、各群の走行パターンを検討するため群別に走行速度の分析を行った。その結果、両群とも試行の効果が有意であった(S-I-T-I群, $F=38.66$; L-I-N-T群, $F=39.73$, ともに、 $p<.01, df=4/45$)。さらに、第1ブロックについて群別にTukeyの多重比較を行った。その結果、S-I-T-I群では、第1試行の走行が他のいずれの試行よりも有意に速く、残りの5試行の走行には差は認められなかった。

一方、L-I-N-T群では、第1試行の走行が他のいずれの試行よりも

速いのに加えて、第4試行でも第1試行以外のすべての試行よりも有意に速く走っていた。第2ブロックのL-I-N-T群の第2と第4試行間に有意な差は認められなかった以外は、第2ブロック以降でも第1ブロックと同様な結果が示されていた。

なお、付加期第1日目に関して分析を加えたところ、両群とも第1ブロックと同じ結果が得られていた。

第1試行の走行のみが速いというS-I-T-I群の結果は、この群では付加間隔の30秒が系列を合わせる手がかりとなり、ラットは付加された3試行をそれまでの系列の続きとして学習していたことを示すものである。一方、第1試行に加え第4試行の走行も速いというL-I-N-Tの結果は、30分インターバルによって第3試行までの強化事象に関する記憶がリセットされ、付加された系列は新たな系列として分節されたと考えることができる。

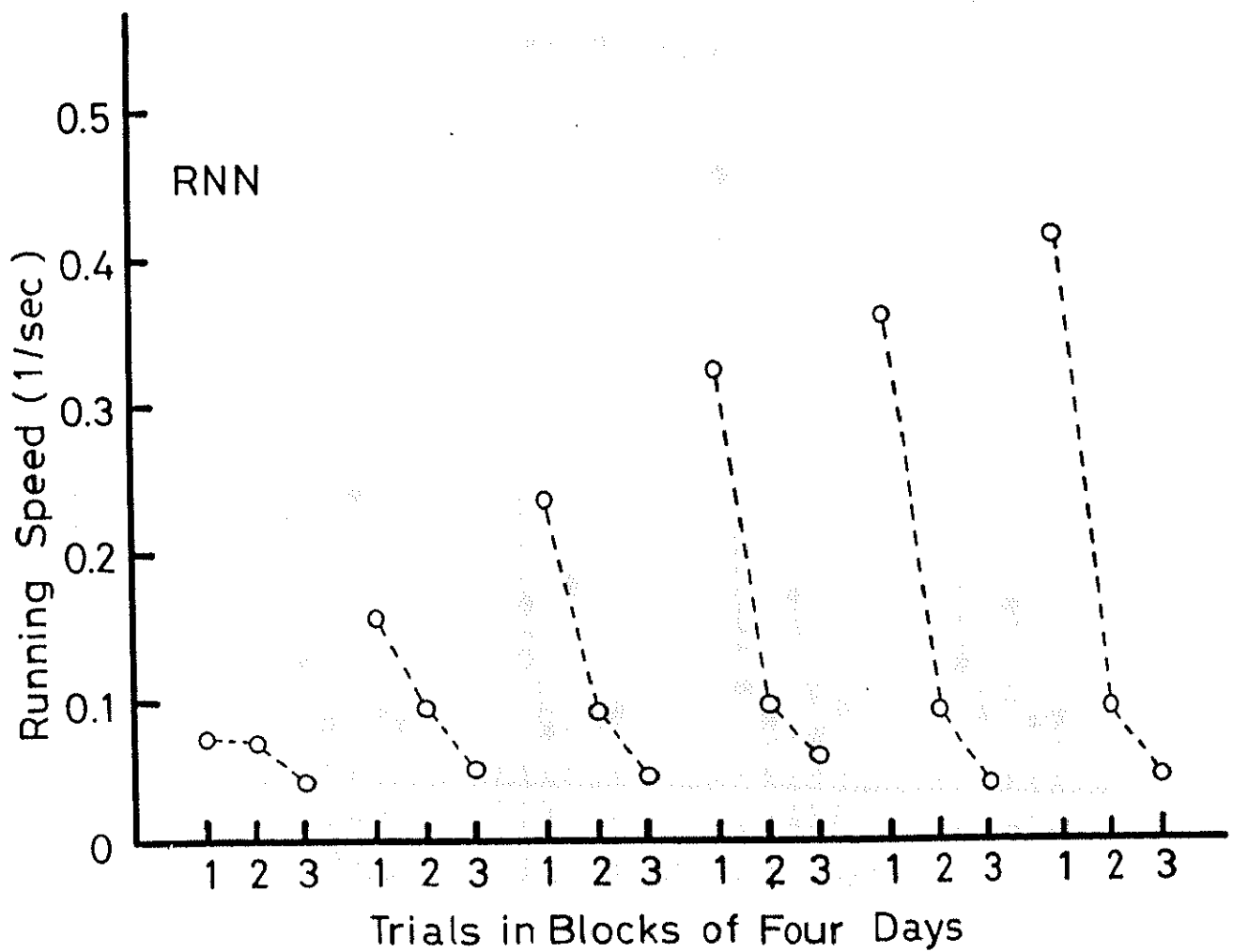


Fig.8 Running speeds under RNN sequence on each of the three trials of 4-days blocks in the acquisition phase

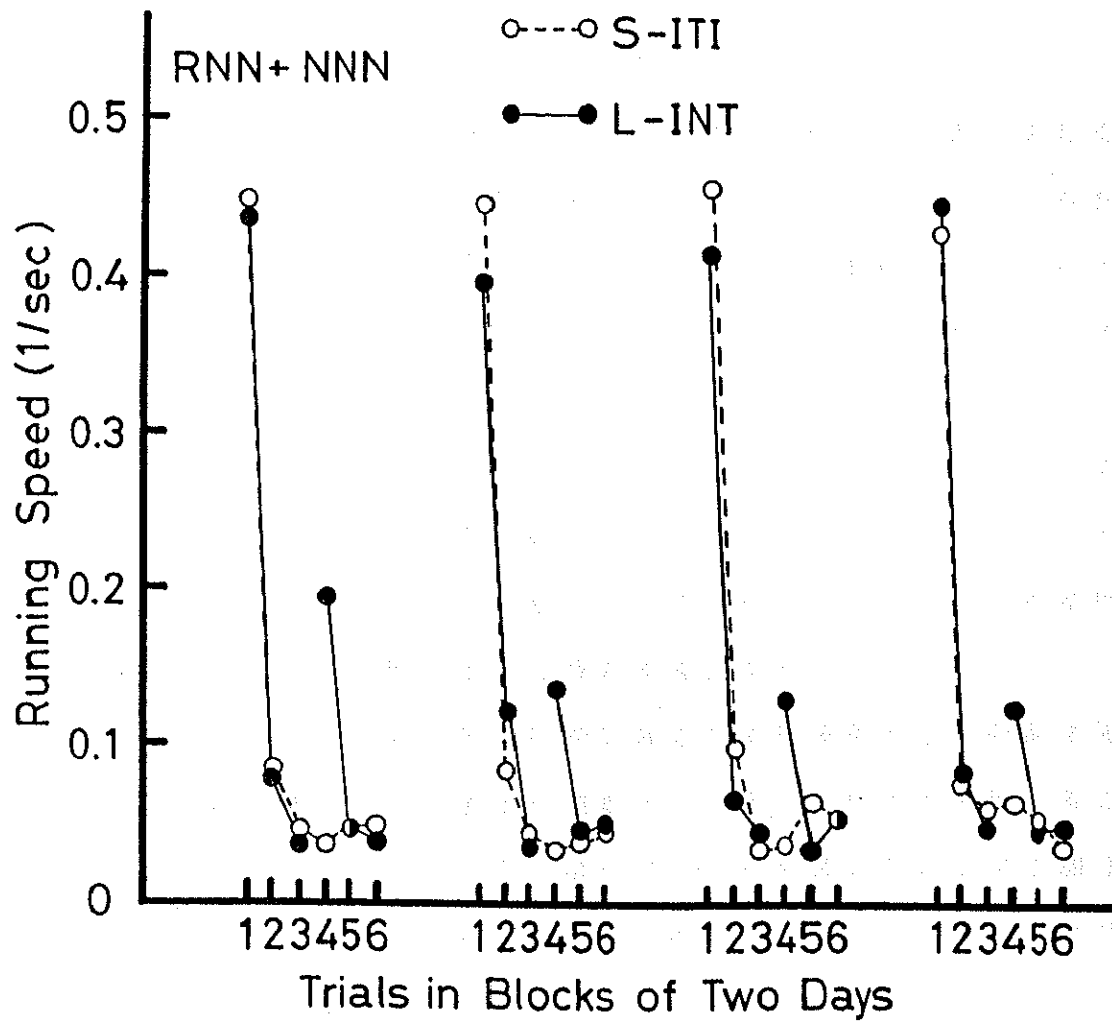


Fig.9 - Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT

under RNNNNN sequence on each of the six trials
of 2-days blocks in the additional phase

第4節 実験4：NRN系列にNNN系列を付加した場合

実験3から、長いインターバルが無強化試行直後に挿入された場合にも、強化試行直後に挿入された時（実験2）と同様に、ラットはこれを系列を2つに分節する手がかりとして用いていることがわかった。しかし、実験3のRNN系列では、前日の最終試行の約24時間後に強化を受けていた。ここで、日間の時間間隔もITIとして捉えたと、RNN系列では24時間という非常に長いITIに強化試行が後続していたことになる。一方、実験3のL-INT群では、30分という他よりも長いインターバルが強化試行に後続していた。つまり、実験2、3において、強化試行と長いインターバルは隣接していた。そこで、実験4では、第2試行が強化を受けるNRN系列を用いて、強化試行と長いインターバルが隣接していない場合においても、ラットは長いインターバルを系列分節の手がかりとして利用するかどうかを検討する。

ここで、L-INT群が6試行を2組の3試行系列として分節するのであれば、第2試行で生起する正刺激 S^{N1} が第5試行でも生起することになるので、第2試行と共に第5試行での走行も速まることが予測される。一方、6試行を1つの系列として学習する場合には、第5試行での走行速度は上昇しないであろう。

方法

被験体 被験体として、約90日齢のWistar-Imamichi系のナীবな雄ラット20匹が用いられた。

装置 前実験と同じ直線走路。

手続き 習得期に第2試行が強化を受け、第1、3試行は無強化であるNRN系列が与えられた以外は、実験2、3と同じ手続きで行われた。

結果と考察

習得期 習得期の各ブロックにおける走行速度の推移を、4日間を1ブロックとしてFig.10に示す。

Fig.10からわかるように、第5、6ブロックでは、強化試行である第2試行の走行が他の2試行よりも速く、強化系列に応じた走行パターンを示していた。第6ブロックに関する分散分析で、試行の効果が有意であったので ($F=32.90, P<.01, df=2/38$)、Tukeyの多重比較を行った。その結果、第2試行での走行は、第1と第3試行のいずれよりも有意に速く、第1、3試行間には有意な差は認められなかった。第5ブロックに関する分析でも、第6ブロックと同じ結果が得られた。

付加期 Fig.11は、2日を1ブロックとして、付加期における各群の走行速度を示したものである。第1ブロックに関する分散分析の結果、群×試行の交互作用が有意 ($F=6.25, p<.01, df=5/90$) であったので、群別に分散分析を行った。その結果、両群とも試行の効果が有意であった (S-I-T-I群, $F=23.13$; L-I-N-T群, $F=21.96$, ともに、 $p<.01, df=4/45$)。

さらに、群別にTukeyの多重比較を行った結果、S-I-T-I群では、強化試行である第2試行の走行が他のいずれの試行よりも有意に速く、残りの5試行の走行には差は認められなかった。一方、L-I-N-T群では、第2試行に加えて、第5試行の走行が他の走行よりも有意に速かった。また、第2試行と第5試行間には有意な差は認められなかった。第2ブロック以降も、L-I-N-T群の第5試行の走行が速まるという結果は示

されていた。しかし、第5試行の走行速度は、第2試行より有意に遅った。

第1試行の走行のみが速いというS-I T I群の結果は、ラットが加された3試行をそれまでの系列の続きとして学習していたことを示ものである。一方、第1試行に加え第4試行の走行が速いというL-N Tの結果は、30分インターバルによって第3試行までの強化事象にする記憶がリセットされ、付加された系列が新たな系列として分節されたことを示している。

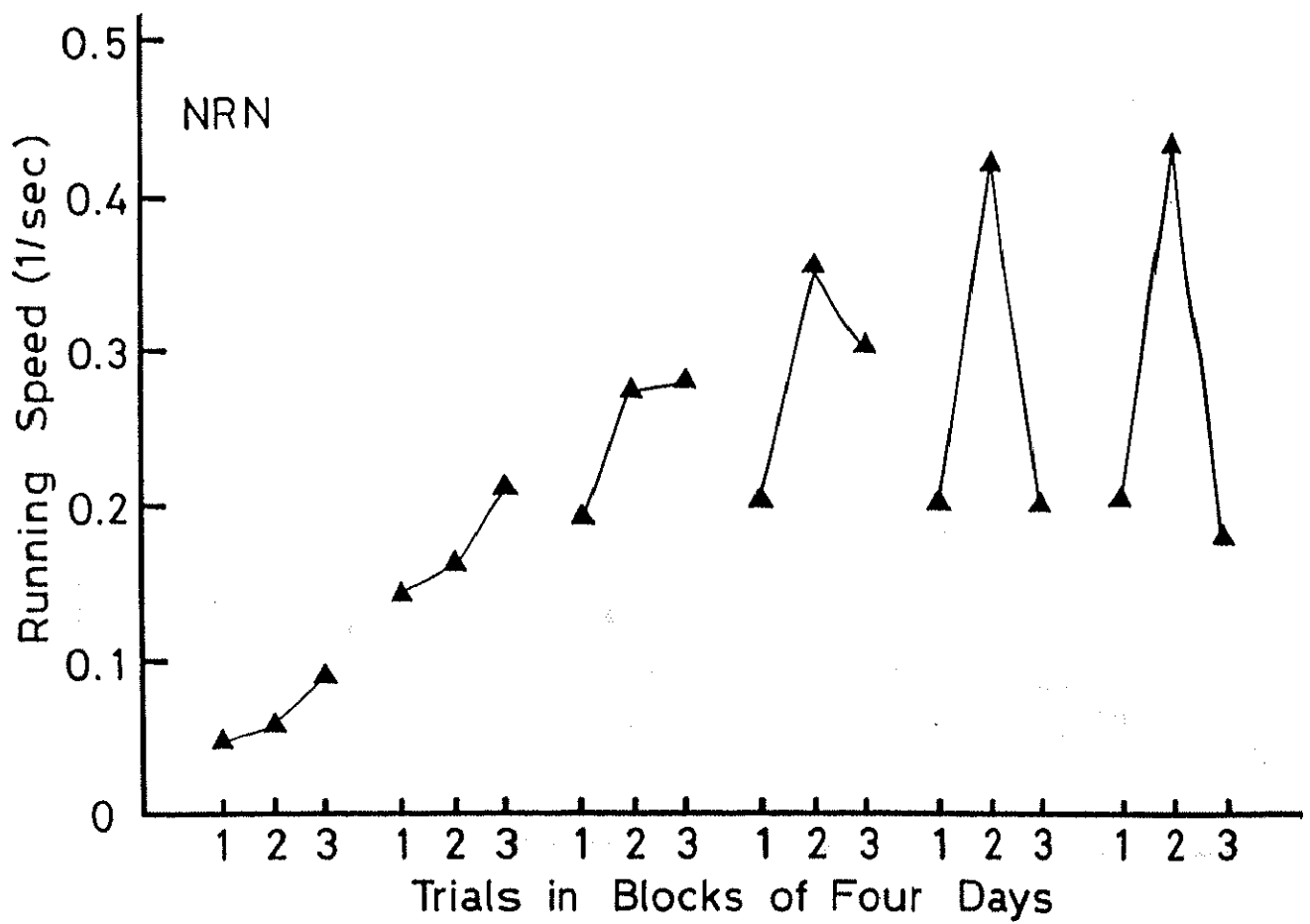


Fig.10 Running speeds under NRN sequence on each of the three trials of 4-days blocks in the acquisition phase

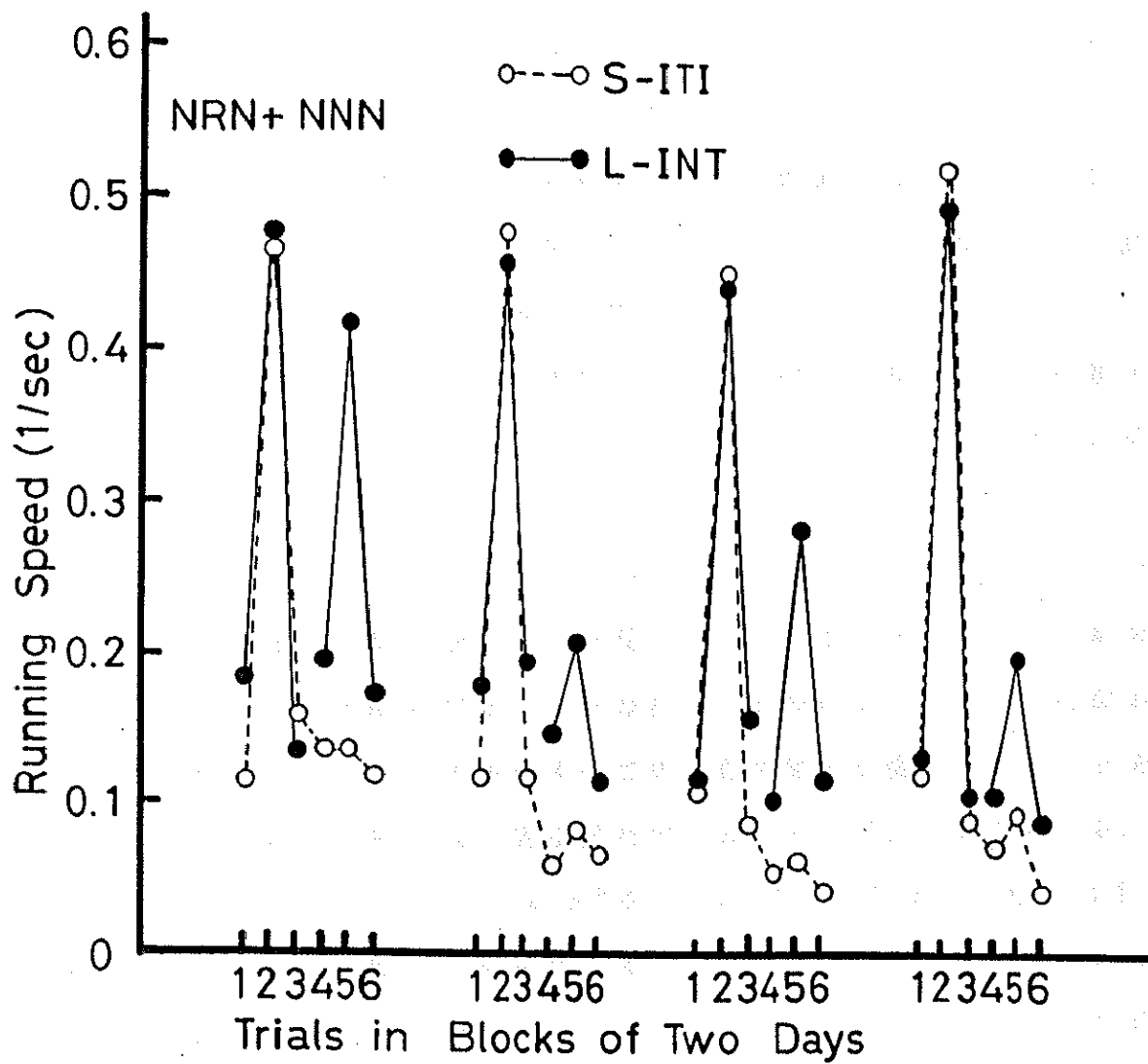


Fig.11 Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT
under NRNNNN sequence on each of the six trials
of 2-days blocks in the additional phase

第5節 系列を付加した場合の時間間隔の効果：まとめ

第三章での実験の結果、習得期で訓練された系列がNNR（実験2）、RNN（実験3）、NRN（実験4）のいずれの場合においても、S-I T I群では、付加された3試行のうちのある試行で走行が速まることはなかった。これに対し、どの系列においても付加期の初めから、L-I N T群では、付加された第4試行から第6試行の走行曲線は、第1試行から第3試行までのものと類似していた。

S-I T I群の結果は、それまでのI T Iと同じ間隔で試行が付加された場合には、強化事象の記憶はリセットされず、付加された試行は前の系列の続きとして学習されることを示している。Capaldi & Verry(1981)は、R4N系列に無強化試行を2日毎に1試行ずつ付加し、付加された試行での走行が非常に遅いことを見いだしている。彼らは、この結果から、25秒から30秒間隔で試行が行われている時には、どんなに時間が経過しても、ラットは系列内のすべての強化事象を記憶していることを示唆した。R4N系列では、第1試行で生起する S^{T1} が正刺激となる。Capaldi(1979)によれば、 S^{T1} は S^R や S^N などの強化事象の記憶とは次元が異なる第1試行に特有な刺激である。そこで、 S^{T1} は他の記憶に対して弁別し易い刺激であると考えられるので、付加された無強化試行での走行が速まらないといっても、R4N系列の結果だけからでは、ラットがすべての強化事象を記憶しているという結論を出すのは不十分である。しかし、本実験では、RNN系列に加え、NRN、NNRという2つの系列においても、S-I T I群で付加された3試行の走行は速まることはなかった。NRN系列では第2試行の S^{N1} 、NNR系列では第3試行の S^{N2} 、という強化事象の記憶が正刺激となる。したがって、実験2、

3、4の結果から、無強化試行が30秒間隔で付加されても、ラットは S^{T1} に限らず、それまでの強化事象をすべて記憶していたことが示されたといえる。

L-I-N-T群の結果は、長いインターバル後に試行が付加された場合には、初めて付加された時から、第3試行後にそれまでの強化事象の記憶がリセットされ、系列が2組に分節されたことを示している。さらに、付加された3試行系列は、習得期で与えられていた3試行系列がその日にもう1度行われていたものとして見なされていた。つまり、付加期のL-I-N-T群では、実験2、3、4のいずれの場合にも、第3試行と第4試行間の長いインターバルが分節手がかりとなり、そこで記憶がリセットされ、第4試行では第1試行と同じ S^{T1} が生起する。実験3のR-N-N系列では、 S^{T1} は第1試行で正刺激となっていたので、L-I-N-T群の第4試行の走行も速められる。実験4では、正刺激となっていた第2試行での S^{N1} が第5試行で生起し、第5試行の走行を速める。同様に、実験2では、正刺激 S^{N2} が第6試行の走行速度を上昇させたと考えられる。

以上をまとめると、長いインターバルが初めて導入された時から、ラットはこのインターバルを系列を2組に分節する手がかりとして用い、一方、等間隔で付加された強化事象はそれまでの系列の続きとして学習されることが結論づけられる。このように、ラットの強化系列学習は、I-T-Iの変化の影響をかなり受ける。したがって、強化系列学習におけるラットの認知過程を解明するためには、強化の配置のみを重視する理論だけでは不十分であり、強化の配置に加えI-T-Iの等間隔性も考えに入れる必要があるといえよう。

第四章 相対的時間間隔による記憶のリセット

第1節 長いインターバルによる記憶のリセット

実験5：2NR3N系列において長い間隔を入れた場合

Capaldiの記憶弁別理論では、 S^R や S^N といった強化事象に関する記憶が強化系列学習の決定因であるとされていた。この考えによれば、与えられた強化系列が同じであれば、ITIの長さに関わらず、走行曲線に差は生じないはずである。しかし、第三章で述べたように、強化系列が同じであっても、それまでのITIと同じ長さで系列を付加した場合と長いインターバルを経て系列を付加した場合では、ラットはまったく異なる走行パターンを示していた。つまり、ラットはそれまでのITIと同じ間隔で付加された強化系列はその系列の続きとして捉えたのに対し、長いインターバルを経て付加された強化系列は新たな系列として分節していた。

前章の実験2、3、4では、3試行系列で十分訓練した後に新たな系列を付加するという手続きが用いられていた。この手続きでは、付加される前に3試行系列の強化パターンが完全に学習されていたので、どちらかという、長い間隔の後に付加された試行を別の系列として分節し易い状況であると考えられる。

これに対し、本章の実験5では、初めから6試行系列2NR3N系列で訓練を行う。そして、L-INT群では第3試行と第4試行間に長いインターバルを挿入し、ラットがこのインターバルによって以前の記憶をリセットし、前半3試行と後半3試行を分節するかどうかを検討する。ここで、ラットが6試行系列を2組の3試行系列に分節したならば、第

4 試行から新たな系列が始まることになるので、第三章の実験 2 における L-I-N-T 群のように、後半の 3 試行でも前半 3 試行と同様な走行パターンを描くことが予測される。

また、30秒という短い I-T-I で 6 試行系列 2NR3N を与える S-I-T-I 群を設け、最初から 6 試行で訓練する場合にも、訓練の途中から系列を付加した実験 2 と同様に、すべての I-T-I が等しい時には、6 試行を 1 つの系列として学習するかどうかを検討する。なお、分節化がなされない場合には、実験 2 の S-I-T-I 群と同様に強化試行を頂点とする逆 V 字型走行曲線が得られるはずである。

方法

被験体 実験開始時に約 100 日齢の Wistar-Imamichi 系雄ラット 24 匹を用いた。

装置 前実験と同じ直線走路。

手続き

本実験は、予備訓練期（12日間）、習得期（24日間）からなっていた。

(1) 予備訓練期：前実験と同じ手続きで予備訓練を行った。

(2) 習得期：習得期第 1 日目に、被験体を S-I-T-I 群と L-I-N-T 群の 2 群に分けた。習得期では、第 3 試行のみが強化を受け、残りの 5 試行が無強化である 2NR3N (NNRNNN) 系列が、24 日間にわたり 1 日 1 回与えられた。S-I-T-I 群では、すべての I-T-I は 30 秒であった。L-I-N-T 群では、第 3 試行と第 4 試行との間に 30 分のインターバルをおく以外は、S-I-T-I 群と同じ手続きが実施された。両群とも 30 秒 I-T-I 中に他のラットの試行が行われることはなかった。一方、L-I-N-T 群の第 3 試行と第 4 試行間の 30 分インターバルには、他のラットの試

行のうち、S-I T I 群での6試行かL-I N T 群の30秒 I T I で行われる3試行が30分以内で確実に終了できる場合に限って、適宜行われた。

結果

Fig.12は、4日を1ブロックとして習得期における両群の走行速度の推移を示したものである。図からわかるように、最終ブロックにおいて、S-I T I 群の走行速度は第1試行から第3試行まで試行を追うごとに上昇し、第3試行以後は減少した。つまり、S-I T I 群は、強化試行である第3試行を頂点とする逆V字型走行曲線を示していた。一方、L-I N T 群では、第3試行まではS-I T I 群と同様に走行速度が上昇したが、30分インターバル直後の第4試行での走行が極めて遅く、第4、5試行で再び走行が速まっていた。つまり、第1から第3試行までとインターバル後の第4から第6試行までの走行パターンが類似していた。

以上の結果は、統計的分析によっても確証された。まず、ブロック別に分散分析を行った結果、群×試行の交互作用は第3ブロック ($F=3.45$, $df=5/110$, $p<.01$) から最終ブロック ($F=4.96$, $df=5/110$, $p<.01$) の各ブロックにおいて有意であり、訓練の進行に伴い、両群は異なった走行パターンを発達させていったことがわかった。また、試行の主効果は第1ブロック ($F=3.38$, $df=5/110$, $p<.01$) から最終ブロック ($F=37.35$, $df=5/110$, $p<.01$) の各ブロックにおいて有意であったが、すべてのブロックにおいて群の主効果は有意ではなかった。

S-I T I 群の最終ブロックに関する分散分析の結果、試行の主効果が有意であった ($F=15.19$, $df=5/55$, $p<.01$)。そこで、どの試行間に差があるのかをTukeyの多重比較によって分析した。その結果、第3試行の走行は他のどの試行よりも有意に速かった。また、第4試行と第5試行間

には差がなかったが、この2試行と他のいずれの試行間にはそれぞれ有意な差が示された。

一方、L-I N T群の最終ブロックに関する分散分析の結果、試行の主効果が有意であった ($F=27.38, df=5/55, p<.01$)。さらに、Tukeyの多重比較の結果、第3試行の走行は第2試行以外の試行よりも有意に速く、第5と第6試行には差がなかったが、この2試行と他の試行間の差はそれぞれ有意であった。また、第4試行と第1試行間には差は認められなかった。

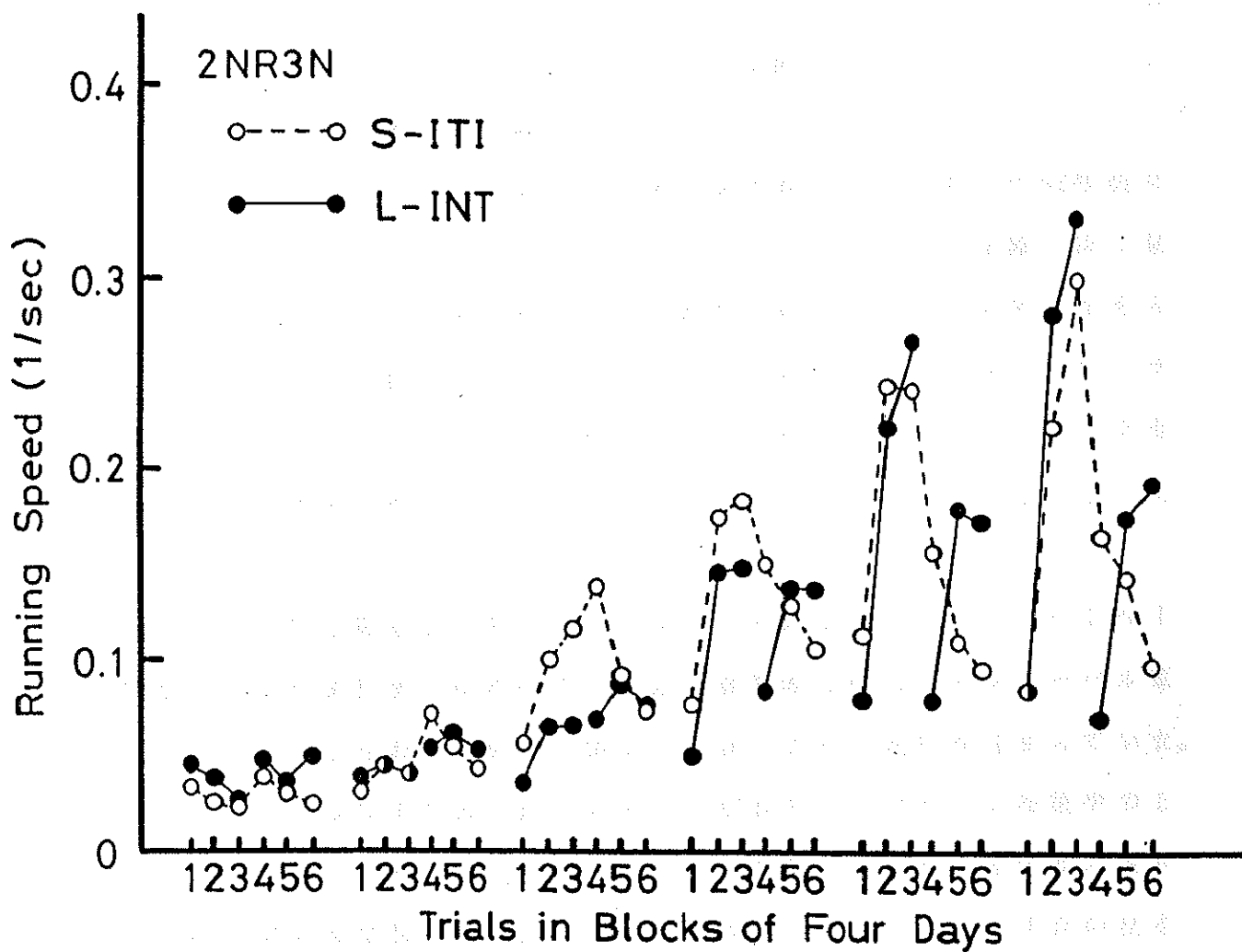


Fig.12 Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT under 2NR3N sequence on each of the six trials of 4-days blocks

考察

2NR3N系列においてS-I T I群が示した逆V字型走行曲線は、用いられた系列の試行数が異なるものの、実験1の2NR2N系列で得られた結果と一致する。すなわち、S-I T I群の結果は、ラットが強化試行においてそれまでの強化事象に関する記憶をリセットしないという実験1の結論を確証するものである。

また、S-I T I群の結果は、訓練の途中からNNR系列の30秒後にNNN系列を付加した実験2におけるS-I T I群の走行曲線と同じ結果であった。つまり、本実験のように最初から2NR3N系列を与えられた場合にも、実験2のように途中から試行が付加された場合にも、ラットは30秒という短いI T Iで行われる6試行を1つの系列として学習し、系列の途中でそれまでの記憶をリセットすることはなかったといえる。

一方、第3と第4試行間に30分インターバルが入れられたL-I N T群では、第3試行までは試行ごとに走行速度が上昇し、インターバル直後の第4試行がきわめて遅く、第5、6試行と再び走行が速まっていた。つまり、L-I N T群は、前半3試行と同様な走行パターンを後半の3試行でも描いていた。このL-I N T群の結果は、訓練の途中からNNR系列の30分後にNNN系列を付加した実験2でのL-I N T群の結果と一致する。したがって、最初から6試行で訓練された場合にも、途中から系列が付加された場合と同様に、第3試行と第4試行間に長いインターバルが挿入されると、ラットはそこでそれまでの強化事象に対する記憶をリセットし、系列を2組に分節していたといえよう。

第2節 短いインターバルによる記憶のリセット

実験6：2NR3N系列において短い間隔を入れた場合

第1節の結果から、ラットは30秒間隔で提示される強化事象をすべて記憶しているのに対し、強化試行直後に30分インターバルが挿入されると、強化事象に関する記憶をリセットすることが示された。つまり、S-I T I群のラットは、2NR3N系列を1つの長い6試行系列として学習したのに対し、L-I N T群ではNNR系列とNNN系列という2つの短い3試行系列として分節していた。

一般的に強化系列学習の研究者は、20秒から30秒を短いI T I、20分から30分を長いI T Iとして見なしている（例えば、Capaldi & Verry, 1981; Capaldi et al., 1982）。分単位のI T Iを用いた研究に関して見ると、Roitblat, Pologé & Scopatz (1983)は5分I T Iにおいてラットが前試行までの強化事象を記憶していることを報告している。しかし、もっと長い間隔である30分I T Iを用いてラットが複数の強化事象を記憶できるかを検討した研究はこれまで行われていない。

第2節では、第1節での実験5において挿入された長いインターバルの間に記憶がリセットされたのは、30分前の強化事象をラットが記憶できないという受動的な制約なのか、あるいは、それまでのI T Iと異なる時間間隔が挿入されたことによって、ラットが能動的に記憶をリセットしたのかを検討する。

そこで、実験6では2NR3N系列を用いて、すべてのI T Iが30分で行われるL-I T I (Long Intertrial Interval)群と、第3試行と第4試行間のI T Iのみが30秒と短く、他のI T Iは30分であるS-I N T (Short Interval)群とを比較する。

ここで、ラットが30分以上前の強化事象を記憶できるのであれば、L-I T I 群は実験5のS-I T I 群と同様な逆V字型走行曲線を示すことが予測される。また、S-I N T 群における前半3試行と後半3試行の走行曲線が類似していれば、第3試行と第4試行間の30秒という他のI T I より短いインターバルも分節手がかりになり、そこで記憶がリセットされていることになる。

方法

被験体 約100日齢のWistar-Imamichi系雄ラット24匹。

装置 前実験と同じ直線走路

手続き

(1)予備訓練期(12日間):ハンドリング、走路探索。

(2)習得期(24日間):習得期第1日目に、被験体はL-I T I 群とS-I N T 群に分けられた。L-I T I 群は、2NR3N系列をすべてのI T I が30分で与えられた。一方、S-I N T 群では、第3試行と第4試行間のインターバルが30秒であり、それ以外のI T I は30分で行われた。両群のラットとも30分のI T I 中には個別ケージに閉じ込められ、この間に他のラットの試行が適宜行われた。なお、S-I N T 群の第3試行と第4試行間の30秒インターバルの間に、他のラットの試行が行われることはなかった。

結果

Fig.13に両群の走行速度を4日を1ブロックとして示した。ブロック別の分散分析の結果、群×試行の交互作用は第2ブロック($F=4.49, df=5/110, p<.01$)において初めて有意水準に達し、最終ブロック($F=7.26,$

df=5/110, $p < .01$) まで有意な差が保たれており、第2ブロック以降での両群の走行パターンが異なることが示された。

最終ブロックにおいて、L-I-T-I群の走行速度は、第1試行から第3試行まで試行が進行するのに伴い上昇し、強化試行である第3試行においてピークを示した後、第4、5、6試行では徐々に減少していった。つまり、第3試行を頂点とする逆V字型走行曲線が得られた。最終ブロックにおける分散分析で試行の主効果が有意であったので ($F=25.52, df=5/55, p < .01$)、多重比較を行った。その結果、第3試行の走行は他のいずれの試行よりも速かった。また、第2と第4試行のそれぞれの走行速度と第5試行間には差がなかったが、それ以外の試行間には有意な差が認められた。

一方、S-I-N-T群は第3試行まではL-I-T-I群と同様な走行を示していたが、30秒インターバル直後の第4試行の走行がきわめて遅く、第5、6試行で再び走行速度が上昇していた。最終ブロックに対する分散分析の結果、試行の主効果が有意であった ($F=34.49, df=5/55, p < .01$)。さらに、多重比較の結果、S-I-N-T群の走行速度は、第3試行 > 第2試行 = 第5試行 = 第6試行 > 第1試行 = 第4試行であることが示された。

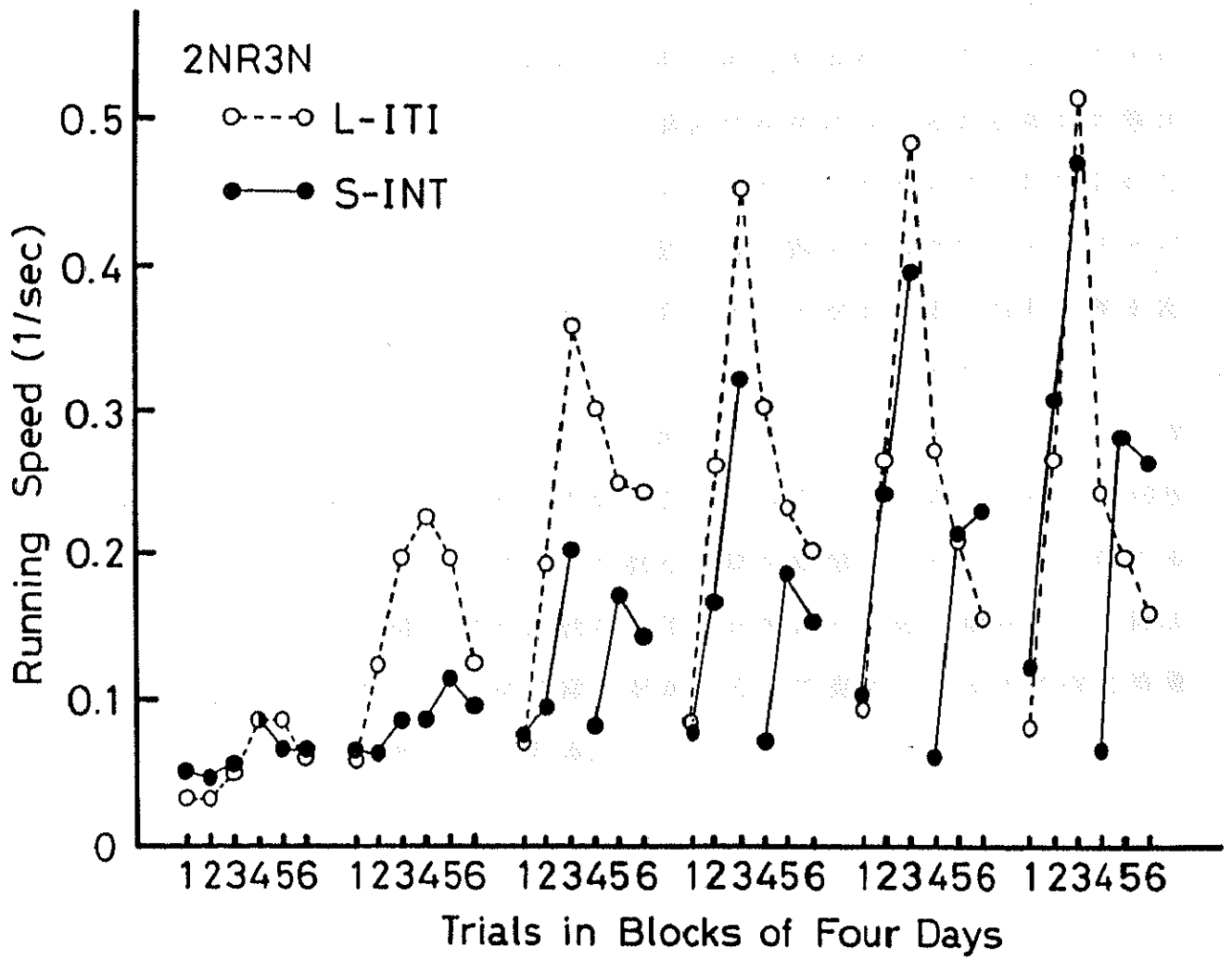


Fig.13 Running speeds of Group L-ITI and Group S-INT under 2NR3N sequence on each of the six trials of 4-days blocks

考察

L-I T I 群が示した走行曲線は、実験5のS-I T I 群において得られた結果と同じである。つまり、I T I が30秒（実験5でのS-I T I 群）と30分（本実験でのL-I T I 群）のいずれにおいても、与えられたI T I の長さが同じであれば、第3試行を頂点とする逆V字型走行曲線が得られた。この結果は、30分間隔で次々に与えられる複数の強化事象をラットは記憶できることを示している。したがって、実験5のL-I N T 群において第3試行と第4試行間に挿入された30分インターバルによって記憶がリセットされたのは、ラットが30分前の強化事象を記憶できないという受動的な制約によるのではないことがわかる。

一方、S-I N T 群の結果は、実験5のL-I N T 群が描いた走行曲線と同じである。つまり、本実験のS-I N T 群は、第3試行後の30秒という短いインターバルにおいて強化事象の記憶をリセットしたのである。したがって、強化試行直後のI T I が他よりも短い場合にも、他よりも長い時と同様にそれは分節手がかりとして働き、ラットは強化事象の記憶をリセットするといえる。

第3節 系列付加場面における短いインターバルによる記憶のリセット

実験7：NNR系列にNNN系列を付加した場合

人間の系列学習では短い間隔で提示された項目はまとめられ、長い時間が挿入されるとそこで系列が分けられるという現象はよく知られている(例えば、Bower & Winzenz, 1969; Restle, 1972)。したがって、実験5で示された結果は、ラットにおいて長い時間間隔が分節手がかりになることを示した最初のものであるが、人間と同様な現象がラットにも見られたという意味では、あまり驚くべきものではない。

しかし、他よりも短いインターバルも分節手がかりになるという実験6の結果は、動物はもちろん人間の学習研究でもこれまで全く報告されていないものであり、非常に興味深い現象である。

そこで、実験7では、他よりも短いインターバルによって記憶がリセットされるという実験6の知見を確認するために、まず30分という長いITIでNNR系列に対する十分な訓練を行った後、この系列の30秒後に新たなNNN系列を付加し、ラットが30秒という短いインターバルによって記憶をリセットするかを系列付加場面で検討することを目的とする。なお、この実験7は、第三章で述べた実験2におけるITI 30分と30秒の関係をまったく逆にしたものである。

方法

被験体 被験体としてWistar-Imamichi系のナীবな雄ラット20匹が用いられた。

装置 前実験と同じ直線走路。

手続き 本実験は、実験2と同様に、予備訓練期(12日間)、習得期

(24日間)、付加期(8日間)からなっていた。

(1) 予備訓練期：前実験と同じ

(2) 習得期：予備訓練12日目の翌日から、24日間にわたり習得期の訓練が行われた。習得期では、3試行からなるNNR系列が30分ITIで1日1回与えられた。

(3) 付加期：習得期の最終レベルに差がないように、被験体はL-I T I群とS-I N T群の2群に分けられ、8日間にわたり付加期の訓練が行なわれた。付加期では、L-I T I群は、NNR系列の30分後に3試行の無強化試行からなるNNN系列が付加された。一方、S-I N T群では、NNR系列の30秒後にNNN系列が付加された。また、両群とも系列内のITIは、30分であった。

結果と考察

習得期 4日間を1ブロックとして、習得期の各ブロックにおける走行速度の推移を示したのがFig.14である。

Fig.14から、訓練の進行に伴い、第1試行で遅く、第2、3試行で速く走るといふ走行パターンが習得されていったことがわかる。最終ブロックについて分散分析を行った結果、試行の効果が有意であった($F=72.18$, $p<.01$, $df=2/38$)。そこで多重比較を行った結果、第1試行の走行のみが有意に遅く、第2、3試行間には有意な差は認められなかった。

付加期 Fig.15は、2日を1ブロックとして、付加期における走行速度を群別に示したものである。ブロック別の分散分析の結果、すべてのブロックにおいて、群×試行の交互作用が有意であり(第1ブロック： $F=4.55$ ；第2： $F=11.89$ ；第3： $F=14.57$, $p<.05$ ；第4： $F=21.91$, すべて $p<.01$, $df=5/90$)、各ブロックにおいて、L-I T I群とS-I N T群は異

なる走行パターンを示していた。

さらに、L-I-T-I群に関する分散分析の結果、すべてのブロックで試行の効果が有意であったので（第1:F=22.26；第2:F=23.56；第3:F=27.91；第4:F=25.04, すべて $p<.01$, $df=5/45$ ）、多重比較を行った。その結果、全ブロックにおいて、第1試行の走行は他のどの試行よりも遅く、また、第2試行の走行も第3、4、5試行のいずれよりもそれぞれ有意に遅いことが示された。また、第6試行はすべてのブロックにおいて第4試行よりも、さらに、第2、3ブロックでは第3試行よりも、第4ブロックでは第3、5試行よりもそれぞれ有意に遅かった。なお、その他の試行間には有意な差は認められなかった。したがって、L-I-T-I群は、全体として第1試行での走行が遅く、第3試行まで走行が速まり、第5、第6試行にかけて速度が徐々に減少していたことがわかる。

S-I-N-T群においても、試行の効果がすべてのブロックで有意であった（第1:F=26.69；第2:F=30.74；第3:F=22.52；第4:F=51.30, すべて $p<.01$, $df=5/45$ ）。多重比較の結果、第1ブロックでは、第1試行の走行が最も遅く、次いで第4試行が有意に遅かった。また、第2試行は、第5試行よりも遅かった。なお、第3、5、6試行間には有意な差は認められなかった。第2ブロックでは、走行速度は第1、第4試行>第2試行>第3、第5試行であった。したがって、ブロックによって試行間の差が有意水準に達するかどうかについて若干の違いがあったが、Fig. 15に示されるように、S-I-N-T群はすべてのブロックにおいて、第1試行が遅く、第2、3試行で速く走り、第4試行で遅く、第5、6試行で再び速く走るという走行曲線を示していた。

本実験で得られたL-I-T-I群の結果は、ラットは付加されたN-N-Nという3試行系列をそれまでのN-N-R系列の続きとして、つまり、全体

を6試行からなる2NR3N系列として学習していたことを示すものである。

一方、S-I N T群の結果は、最初から6試行系列2NR3Nで訓練した実験6のS-I N T群が示した走行曲線と一致する。つまり、系列付加を用いた場面においても、30秒という短いインターバルによってラットは強化事象の記憶をリセットするという実験6の知見が確認できた。

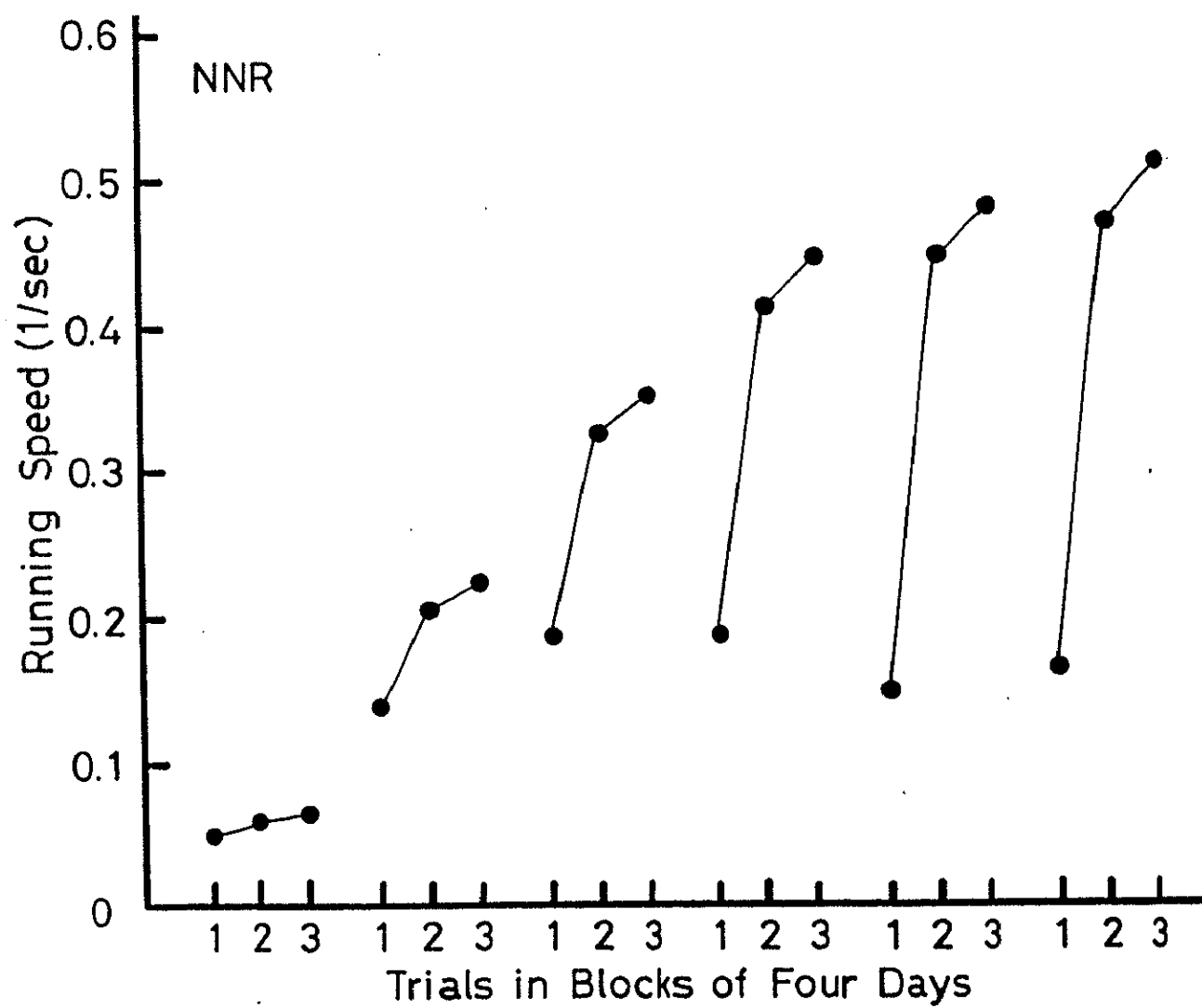


Fig.14 Running speeds under NNR sequence on each of the three trials of 4-days blocks in the acquisition phase

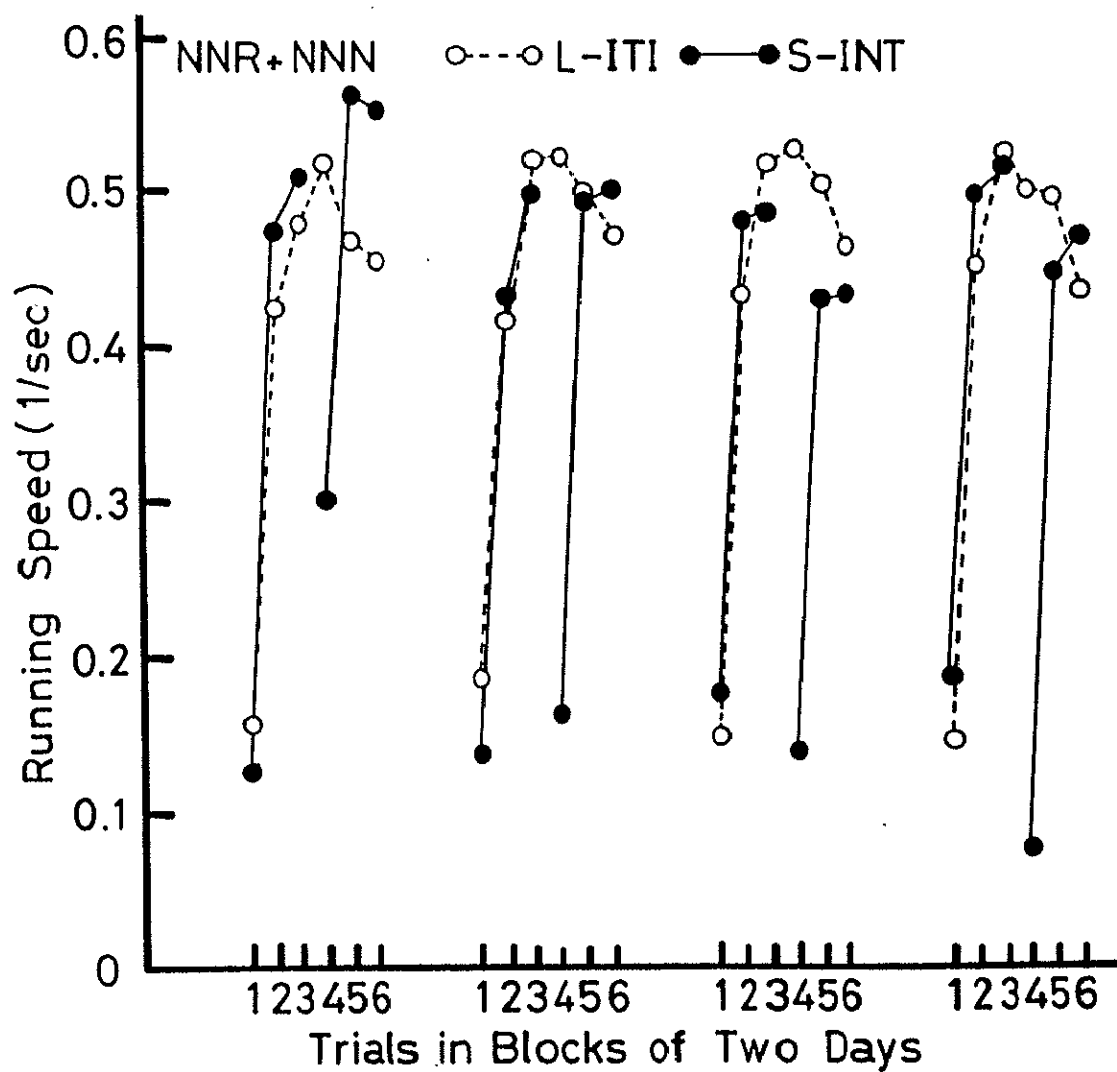


Fig.15 Running speeds of Group L-ITI and Group S-INT
under NNRNNN sequence on each of the six trials
of 2-days blocks in the additional phase

第4節 考察：2NR3N系列における相対的時間間隔による記憶のリセットについて

第4章では、2NR3N系列を用いて、ラットが強化事象の記憶をリセットし、与えられた強化系列を分節する条件として試行間の時間間隔を挙げ、強化系列学習に及ぼす試行間間隔の効果を検討した。

その結果、第1節では、ラットは30秒間隔で与えられた強化事象を複合するが、30分という長いインターバルが入れられるとそこで記憶をリセットして、系列を2つに分節することが示された。第2節では、ラットは30分間隔で提示された強化事象も複合するが、30秒という短いインターバルが入れられるとそこで記憶をリセットすることが見いだされた。さらに、第3節では、30分間隔で生起する強化事象は複合され、30秒後に付加された系列は別の系列として分節されることがわかった。

以上の結果から、第3章の実験2、3、4や本章の実験5において、30分インターバルにおいて記憶がリセットされたのは、ラットが30分前の強化事象を記憶できなかったのではないことがわかる。なぜならば、実験6、7で得られたように、ラットは30分前の強化事象の記憶を弁別刺激として用いているからである。同様に、実験2から実験5で示されたように、ラットは30秒前の情報を活用できるので、実験6、7においてラットが30秒インターバルで記憶をリセットしたのは、30秒前の記憶を保持できなかったのではない。

第4章の実験結果を総合すると、挿入されたインターバルが30分であるか30秒であるかという絶対的な時間の長さが重要なのではないことがわかる。つまり、ラットが記憶をリセットして系列を分節するのは、そこで与えられた時間間隔が他のITIに対してきわめて長いとか短いと

第五章 他の系列におけるインターバルによる記憶のリセット

第1節 問題提起

第四章で述べた実験5、6は、Yazawa & Fujita(1984)において公刊されたものである。ところが、同じ年に、強化系列学習における系列の分節化に焦点を当てた研究が次々と発表された。

まず、Fountain, Henne, & Hulse(1984)は、14-7-3-1-0系列をT迷路で5回繰り返した場合、繰り返しごとに報酬が与えられるアームを変えたり、繰り返しの間に長い時間間隔を入れると、0ペレット予期の出現が早まることを示した。ここで、0ペレット予期とは、0ペレット試行時の走行が他の試行よりも遅くなる現象のことをいう。また、Capaldi, Verry, & Nawrocki(1984)は、繰り返しごとに走路の色を変えたり、長い時間間隔を入れると、学習が促進されることを報告した。さらに、この両研究では、0ペレット予期の崩れは、時間的手がかりが除去された時の方が顕著であることから、空間や明暗よりも時間の方が有力な分節手がかりになることが示唆されていた。

ところで、上述のFountain et al.(1984)とCapaldi et al.(1984)の研究における時間的分節群では、系列内の各項目は約20秒間隔で提示され、系列間に10-20分の間隔がおかれていた。つまり、10-20分は20秒に比べて時間的に長いので、この長い時間間隔が分節手がかりになるというものであった。彼らはペレット数による系列を用い、本研究では強化と無強化の2項目からなる系列がラットに与えられていたという違いはあるが、第四章の実験5で示された「他よりも長いインターバルが分節手がかりになる」という知見が、彼らの研究によっても支持されていること

になる。

しかし、Fountain et al.とCapaldi et al.の両研究では長い時間間隔しか研究されていなかったのに対し、第四章では、他より短いインターバルも分節手がかりになることを示した。つまり、分節手がかりとなるのは、30分や30秒という絶対的な時間の長さではなく、他よりも長いとか短いという相対的な時間間隔の違いであることを示唆したのである。

第四章で用いた2NR3N系列では、長さの異なるインターバルは強化試行である第3試行の直後に入れられていた。2NR3N系列では第3試行以外の試行はすべて無強化試行であった。したがって、他と異なる強化事象が第3試行で行われた直後に、ITIの長さが変えられていた。一方、Fountain et al.(1984)とCapaldi et al.(1984)の分節群では、14-7-3-1-0系列において、第5試行のみが無強化(0ペレット)であり、この無強化試行の直後に長いITIが入れられていた。つまり、強化、無強化という違いはあるが、これまでの3研究においては、他と異なる強化事象を受けた直後に、長さが違うITIが行われていた。したがって、ITIの相対的な長さと直前の強化事象という2つの要因の相互作用によって、分節化が成立していた可能性がある。

そこで、本章では、相対的な時間間隔が分節手がかりになることが、直前の強化事象に関係なく成立するか、直前の強化事象が他と異なる場合に限定されるものかを、直前試行の強化事象が他の試行と同じである系列を用いて、検討することを目的とする。

第2節 R5N系列による検討

実験8、9では、第1試行のみが強化を受けるR5N系列が用いられる。R5N系列で第3と第4試行間のITIの長さを変えると、第1試行以外の試行と同様に無強化を受ける第3試行がこのITIに先行することになる。したがって、R5N系列で分節化が示されれば、直前の強化事象に関係なく、相対的な時間間隔が分節手がかりになることが結論づけられる。実験8では、すべてのITIが短い間隔で行われるS-ITI群と、第3試行と第4試行間に長いインターバルが入れられるL-INT群が比較される。また、実験9では、すべてのITIが長い間隔で行われるL-ITI群と、第3と第4試行間に短いインターバルが挿入されるS-INT群が比較される。ここで、相対的な時間間隔が分節手がかりとなる場合には、6試行系列が2組の3試行系列に分節されるので、強化試行である第1試行に加えて、2番目の系列の最初の試行となる第4試行の走行も速まることが予測される。

実験8：長いインターバルによる記憶のリセット

方法

被験体 被験体として、約90日齢のナイープなWistar-Imamichi系の雄ラット16匹が用いられた。

装置 前実験と同じ直線走路。

手続き

(1) 予備訓練期：前実験と同じ。

(2) 習得期：習得期では、両群に対し、毎日の第1試行のみが強化を

受け、残りの5試行が無強化である6試行系列R5Nが与えられた。S-I T I群では、6試行がすべてI T I 30秒で与えられた。一方、L-I N T群では、第3試行と第4試行間のインターバルが30分であり、これ以外のI T Iはすべて30秒で行われた。

結果

Fig.16は、両群の走行速度の推移を示したものである。訓練の進行に伴い、両群とも第1試行で速く走らるようになり、最終ブロックにおける走行速度のピークも強化試行である第1試行で得られていた。しかし、最終ブロックにおける分散分析の結果、試行の主効果 ($F=134.09, df=5/70, p<.01$) に加えて、群×試行の交互作用 ($F=5.44, df=5/70, p<.01$) が有意であり、両群の走行パターンが異なっていたことが示された。

さらに多重比較の結果、両群とも、第1試行の走行が他のどの走行よりも有意に速いことが示された。しかし、S-I T I群では、無強化試行である第2試行から第6試行の走行速度に有意な差は認められなかったのに対し、L-I N T群では、30分インターバル直後の第4試行の走行が、第3、5、6試行よりも有意に速いことがわかった。

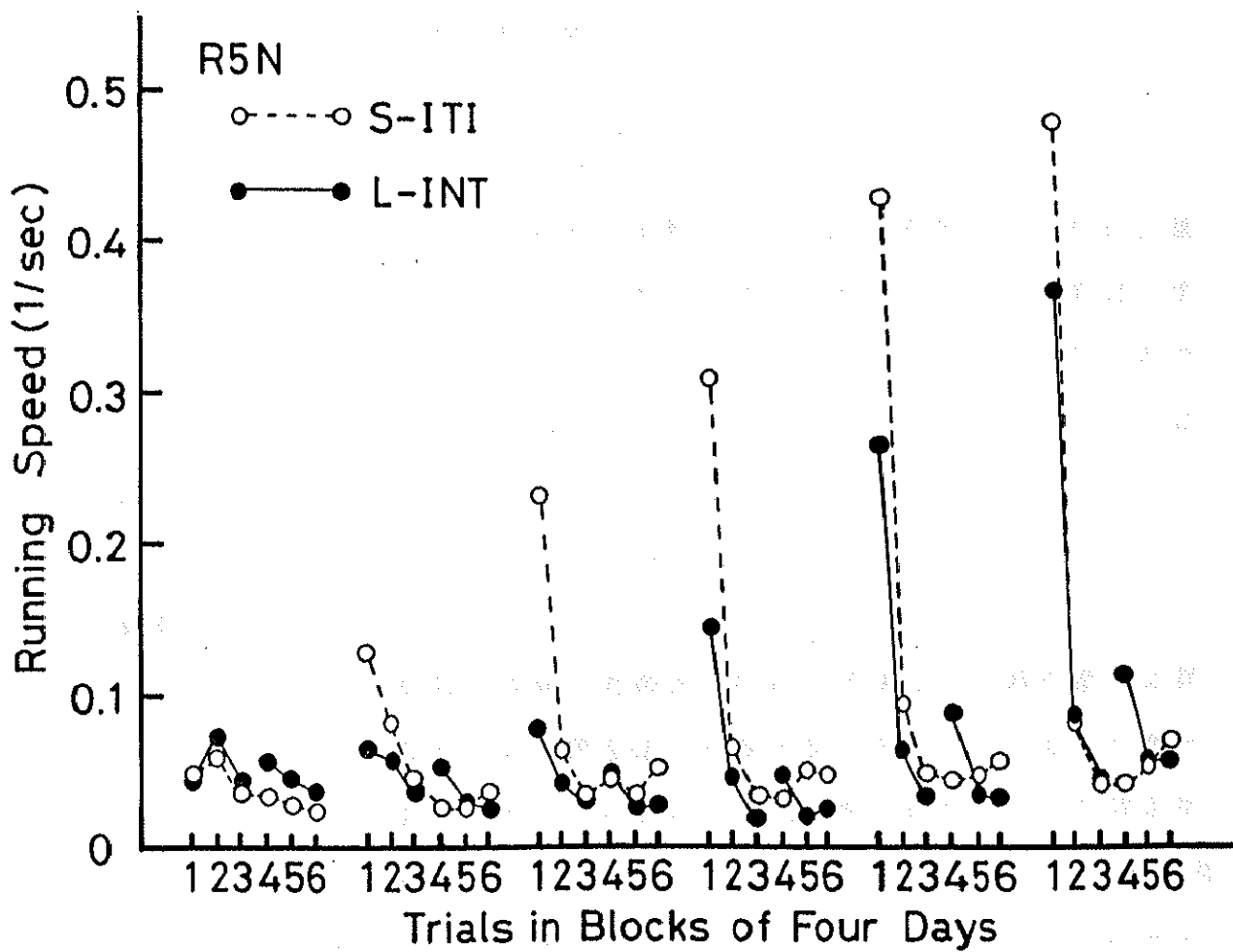


Fig.16 Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT under R5N sequence on each of the six trials of 4-days blocks

実験 9：短いインターバルによる記憶のリセット

方法

被験体 雄ラット 16匹。

装置 前実験と同じ直線走路。

手続き

(1) 予備訓練期：前実験と同じ

(2) 習得期：以下の点を除き、実験 8 と同じ。習得期第 1 日目に、被験体は L-I T I 群と S-I N T 群に分けられた。L-I T I 群は、すべての I T I が 30 分で R 5 N 系列が与えられた。一方、S-I N T 群では、第 3 試行と第 4 試行間のインターバルが 30 秒、それ以外の I T I は 30 分であった。

結果

両群の走行速度の推移を示したのが、Fig. 17 である。訓練の進行に伴い、両群とも強化試行である第 1 走行のみで速く走るという走行パターンを示していた。最終ブロックにおける分散分析の結果、試行の効果は有意であったが ($F=89.21, df=5/70, p<.01$)、群×試行の交互作用が有意ではなく、両群の走行パターンには差がないことが確認された。群別に Tukey の多重比較を行った結果、両群とも第 1 試行の走行だけが有意に速く、無強化試行である第 2 試行から第 6 試行の走行には、差は認められなかった。

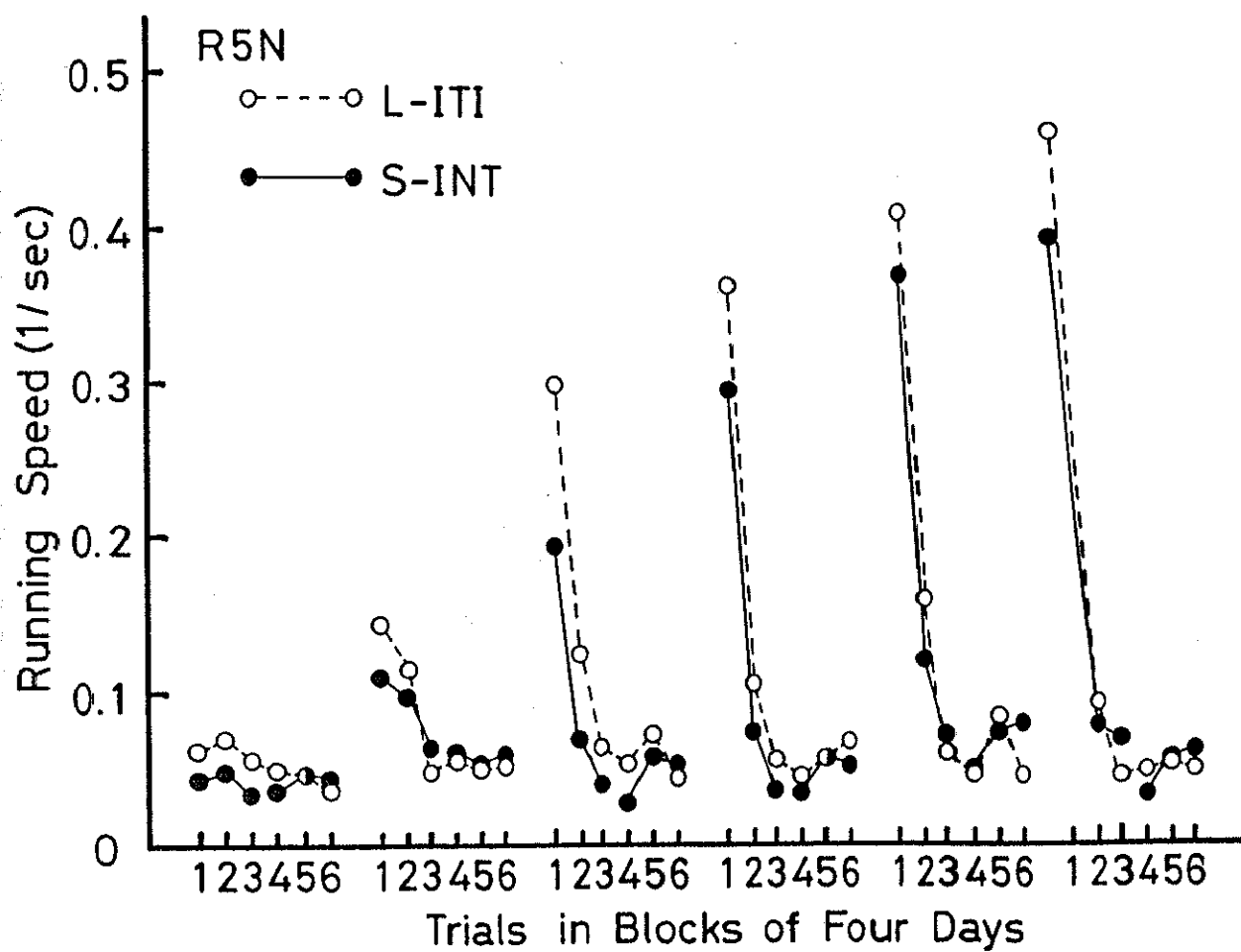


Fig.17 Running speeds of Group L-ITI and Group S-INT under R5N sequence on each of the six trials of 4-days blocks

実験 8 及び実験 9 に関する考察

実験 8、9 から、4 群とも強化試行である第 1 試行で最も走行が速いことが示された。しかし、ITI の長さが 1 カ所だけ変えられた 2 群を比較すると、実験 8 の L - INT 群では第 4 試行での走行速度も上昇したのに対し、実験 9 における S - INT 群では、第 4 試行の走行が他の無強化試行と同様に極めて遅かった。

R 5 N 系列では、第 1 試行が強化を受けるので、第 1 試行で生起する記憶 S^{T1} が正刺激となる (Capaldi, 1979 参照)。第 3 試行直後の長さが異なるインターバルが分節手がかりとして機能すると、そこでそれまでの強化事象に対する記憶がリセットされ、第 4 試行から新たな系列が始められる。この場合、第 4 試行では、第 1 試行と同様な記憶が生起し、第 4 試行の走行速度が速まり、第 1 試行から第 3 試行までと類似した走行曲線が第 4 試行以降でも得られることが予測される。実験 8 の L - INT 群の結果は、まさにこの予測に一致する。つまり、長いインターバルは、実験 5 での 2 NR 3 N 系列と同様に、5 NR 系列でも分節手がかりとなっていたことがわかる。したがって、直前の試行が強化試行であるか否かにかかわらず、他よりも長いインターバルは分節手がかりとして機能するといえる。

一方、L - INT 群を除く 3 群では、第 4 試行の走行速度は上昇せず、第 1 試行における走行のみが速かった。S - ITI 群と L - ITI 群の結果は、ITI の長さが同じであれば、ITI は分節手がかりにならないという第四章での結果と一致する。しかし、第 3 と第 4 試行間のインターバルが短かった S - INT 群の走行曲線は、他と異なるインターバルが分節手がかりになる時に予測された第 4 試行の走行も速まるという

結果とは、一致しない。

S-I-N-T群の結果に対し、2つの可能性が考えられる。第一の可能性は、長いインターバルの場合とは異なり、無強化を受けた直後に与えられた短いインターバルは分節手がかりにならないことである。つまり、短いインターバルが分節手がかりになるのは、実験6での2NR3N系列のように、直前の強化事象が他と異なる場合に限られることになる。

第二の可能性は、R5N系列においても他よりも短いインターバルが分節手がかりとして機能したが、第4試行で生起した記憶と第1試行での記憶が類似していなかったために、S-I-N-T群における第4試行の走行は上昇しなかったというものである。

Mellgren, Mays, & Haddad(1983)の直線走路を用いた研究によれば、ある長さのITIには必ず強化試行が後続し、別のITIには無強化試行が続く場面において、ラットは1分と10分、あるいは6分と12分を弁別し、直前のITIに基づいて、強化、無強化を予測できることが報告されている。時間弁別の観点から考えると、第1試行で生起するS^{T1}は、系列の最初の試行であるということに加え、前日の最終試行から約24時間後に行われるという時間的成分を持つ記憶である(Capaldi & Morris, 1974; Haggblom & Pond, 1981)。したがって、長さが異なるインターバルが分節手がかりとして機能した場合、S-I-N-T群の第4試行は系列の最初の試行となるが、第1試行とは異なり、短いインターバルに後続する試行であるので、L-I-N-T群のように走行が速まることはなかったのかもしれない。つまり、L-I-N-T群の場合には、分節化された最初の試行である第4試行は、第1試行と同様に長いインターバルに後続する試行であったので、走行が速まったと考えられる。

第3節 3NR2N系列を用いた検討

第2節において、第1試行が強化を受けるR5N系列では、他よりも長いインターバルは分節手がかりとなることが示された。しかし、他よりも短いインターバルは、無強化試行直後には分節手がかりにならないという可能性と、相対的な時間間隔は分節手がかりと強化に対する弁別刺激の両機能を持つという2つの可能性が導き出された。そこで、第3節では、第4試行が強化を受ける3NR2N系列を用いて、この2つの可能性を検討する。

3NR2N系列において、系列が分節化されない場合、第四章の2NR3N系列で示されたように、強化試行を頂点とする逆V字型走行曲線が得られるはずである。一方、第3試行と第4試行間に系列が分節され、直前のITIの長さが強化に対する弁別刺激となるのであれば、L-I NT群では、強化を受ける第1試行に加えて、第4試行の走行が速まることが予測される。これは、この両試行が、長いインターバルに後続する試行だからである。一方、S-I NT群では、強化を受ける第4試行は短いインターバルに後続するが、第1試行は非常に長いITIに後続するので、第1試行の走行は上昇しないであろう。

実験10：長いインターバルによる記憶のリセット

方法

被験体 約90日齢のWistar-Imamichi系のナイーブな雄ラット16匹。

装置 前実験と同じ直線走路。

手続き 習得期に第4試行が強化を受け、残りの5試行が無強化であ

る 3NR2N 系列が用いられたことを除き、実験 8 と同じ手続きが実施された。つまり、S-I T I 群は、3NR2N 系列をすべて 30 秒 I T I で受けたのに対し、L-I N T 群では、第 3 試行と第 4 試行間のインターバルが 30 分である以外は S-I T I 群と同じ手続きが与えられた。

結果

Fig. 18 に、両群の走行速度の推移を示した。Fig. 18 から、両群とも強化試行である第 4 試行で最も速く走ったことがわかる。しかし、最終ブロックに関する分散分析の結果、群の主効果 ($F=5.05, df=1/14, p<.01$)、試行の主効果 ($F=50.59, df=5/70, p<.01$) とともに、群 \times 試行の交互作用 ($F=3.11, df=5/70, p<.05$) が有意であり、両群が示した走行パターンは異なっていた。

そこで、群別に多重比較を行った結果、S-I T I 群では、第 4 試行での走行が他のどの試行よりも有意に速く、第 3 試行では、第 1、5、6 試行よりも速く走っていた。また、第 2 試行の走行は、第 5 試行よりも有意に遅かった。一方、L-I N T 群では、第 4 試行の走行が他のどの試行よりも速く、さらに、第 1 試行の走行速度は、第 4 試行以外のすべての試行よりも速かった。なお、その他の試行間の差は有意ではなかった。

以上の結果から、S-I T I 群が、強化試行である第 4 試行を頂点とするほぼ V 字型の走行曲線を描いていたのに対し、L-I N T 群では、第 3 試行までと第 4 試行以降の走行パターンが類似していたことがわかる。

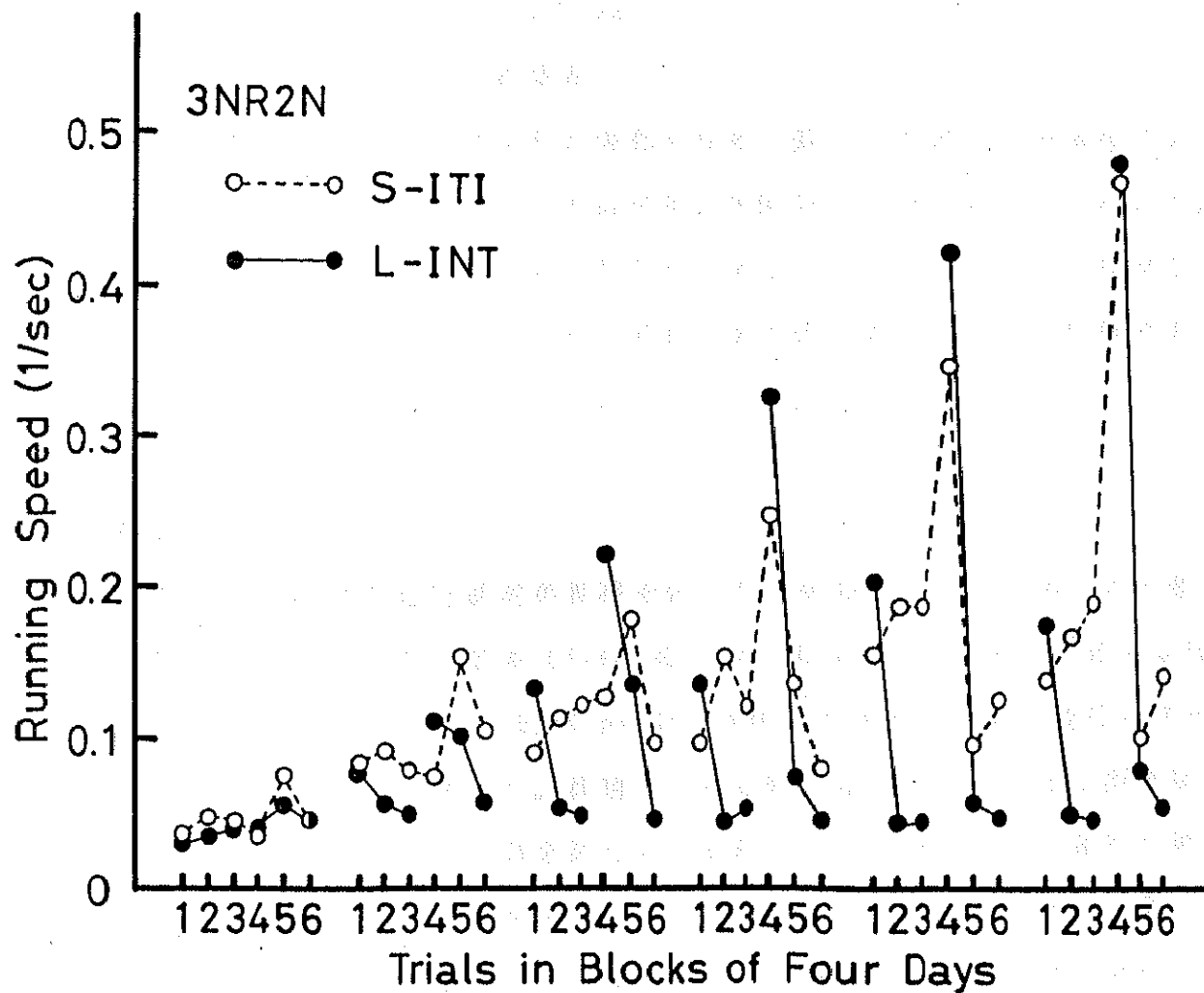


Fig.18 Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT under 3NR2N sequence on each of the six trials of 4-days blocks

実験11：短いインターバルによる記憶のリセット

方法

被験体 約90日齢のWistar-Imanichi系のナীবな雄ラット16匹。

装置 前実験と同じ直線走路。

手続き 習得期に第4試行が強化を受け、残りの5試行が無強化である3NR2N系列が用いられた以外は、実験9と同じ手続きで行われた。つまり、L-I T I群は、3NR2N系列をすべて30分I T Iで受けたのに対し、S-I N T群は、第3試行と第4試行間のI T Iが30秒である以外、L-I T I群と同じ手続きを受けた。

結果

Fig.19に両群の走行速度の推移を示した。最終ブロックに関する分散分析の結果、試行の主効果 ($F=68.45, df=5/70, p<.01$) に加え、群×試行の交互作用 ($F=20.05, df=5/70, p<.01$) が有意であり、両群の走行パターンが異なることが示された。群別の多重比較の結果、L-I T I群では、走行速度は、第1試行<第2試行=第6試行<第5試行<第3試行=第4試行となっていることが示された。つまり、L-I T I群では、第4試行と第3試行の差が有意ではなかったが、強化試行である第4試行を頂点とする逆V字型走行曲線となっていた。一方、S-I N T群では、強化試行である第4試行での走行が他の走行よりも有意に速く、残りの5試行間に差は認められなかった。

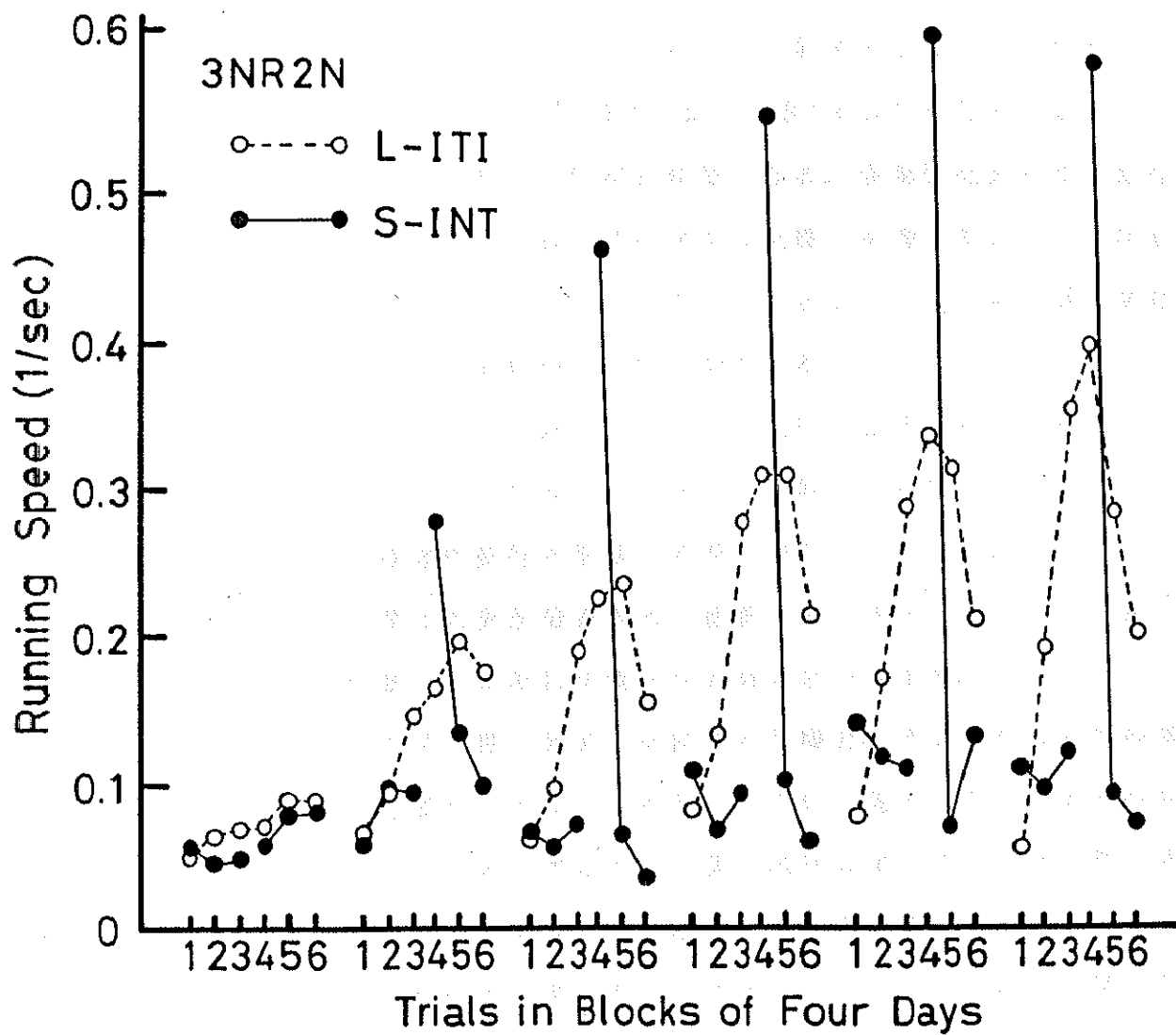


Fig. 19 Running speeds of Group L-ITI and Group S-INT under 3NR2N sequence on each of the six trials of 4-days blocks

実験10及び実験11に関する考察

実験10、11から、S-I T I群とL-I T I群は、強化試行である第4試行を頂点とする逆V字型走行曲線を示した。系列が分節されない場合、第1試行から第6試行までの各試行で生起する記憶は、それぞれ S^{T1} 、 S^{N1} 、 S^{N2} 、 S^{N3} 、 $S^{N3}+S^R$ 、 $S^{N3}+S^R+S^{N1}$ となり、3NR2N系列では、第4試行での S^{N3} が正刺激となる。各無強化試行での走行速度は、正の弁別刺激と各試行で生起する記憶との類似度によって決定されるので (Capaldi, 1979)、S-I T I群とL-I T I群では、強化試行を頂点とする走行曲線が得られたのである。

一方、L-I N T群 (実験10) では第4試行に加え、第1試行での走行速度も上昇していたのに対し、S-I N T群 (実験11) では、第1試行の走行が他の無強化試行と同様に非常に遅かった。この結果は、第3試行と第4試行間に系列が分節され、直前のインターバルの長さが強化に対する弁別刺激となる時に予測された結果と一致する。

第3試行と第4試行間に系列が分節された場合、そこでそれまでの強化事象に対する記憶がリセットされる。さらに、先行するインターバルの長さが弁別刺激となるのであれば、第4試行において、L-I N T群では30分インターバルに関連した記憶が、S-I N T群では30秒インターバルに関連した記憶が、それぞれ正刺激となる。なお、両群の第1試行では、24時間 I T Iに関連した S^{T1} が生起している。したがって、L-I N T群では、長いインターバルに関連した記憶が正刺激となっていたので、この正刺激と類似度が高い S^{T1} が生起していた第1試行での走行速度も上昇したと考えられる。一方、S-I N T群では、短いインターバルに関連した記憶が正刺激になっているので、第1試行の走行は速まらなかったのだろう。

第4節 5NR系列による検討

第2節のR5N系列や第3節の3NR2N系列は、第四章での2NR3N系列とは異なり、インターバルの直前の強化事象が他の試行と同じ系列であった。しかし、ラットが長さの異なるインターバルを分節手がかりと強化に対する弁別刺激の両者として用いることが可能な系列でもあった。そこで、第4節では、インターバルの長さを弁別刺激として用いても強化を予測できない系列である5NR系列を用いて、長さが異なるインターバルが分節手がかりとなるかを検討する。

実験12では、すべてのITIが短い間隔で行われるS-ITI群と、第3試行と第4試行間に長いインターバルが入れられるL-INT群を、また、実験13では、すべてのITIが長い間隔で行われるL-ITI群と、第3と第4試行間に短いインターバルが挿入されるS-INT群をそれぞれ比較する。ここで、ラットが6試行を1つの系列として学習した場合には、実験1の4NR群と同様に最終試行の強化試行まで試行を追うごとに走行速度が上昇していくことが予測される。一方、長さの異なるインターバルが分節手がかりとなる場合には、第4試行の走行がきわめて遅く、第3試行までと第4試行以降で類似した走行パターンが得られるであろう。

実験12：長いインターバルによる記憶のリセット

方法

被験体 Wistar-Imamichi系の雄ラット24匹。

装置 前実験と同じ直線走路。

手続き S-I T I 群と L-I N T 群に対し、毎日の第 6 試行が強化を受け、残りの 5 試行が無強化試行である 6 試行からなる 5 N R 系列が 1 日 1 回与えられた。

結果

Fig.20に示したように、S-I T I 群では、第 1、2、3 と試行を追うごとに、走行速度が上昇し、強化試行である第 6 試行での速度が最も速かった。これに対し、L-I N T 群では、30分インターバル直後の試行である第 4 試行での走行が遅く、第 3 試行までと第 4 試行以降の走行曲線が類似していた。

最終ブロックにおける分散分析の結果、試行の主効果 ($F=31.60, df=5/110, p<.01$) に加えて、群×試行の交互作用 ($F=2.36, df=5/110, p<.05$) が有意であり、両群は異なる走行パターンを示していたことが確認された。また、分散分析において両群とも試行の主効果が有意であったので (S-I T I 群; $F=13.36, df=5/55, p<.01$; L-I N T 群; $F=21.25, df=5/55, p<.01$)、群別に多重比較を行った。その結果、S-I T I 群では、第 1 と第 2 試行間および第 3 と第 4 試行間の差は認められなかったが、その他の試行間の差はすべて有意であった。一方、L-I N T 群では、第 2 試行と第 3 試行間以外はそれぞれ有意な差が認められた。

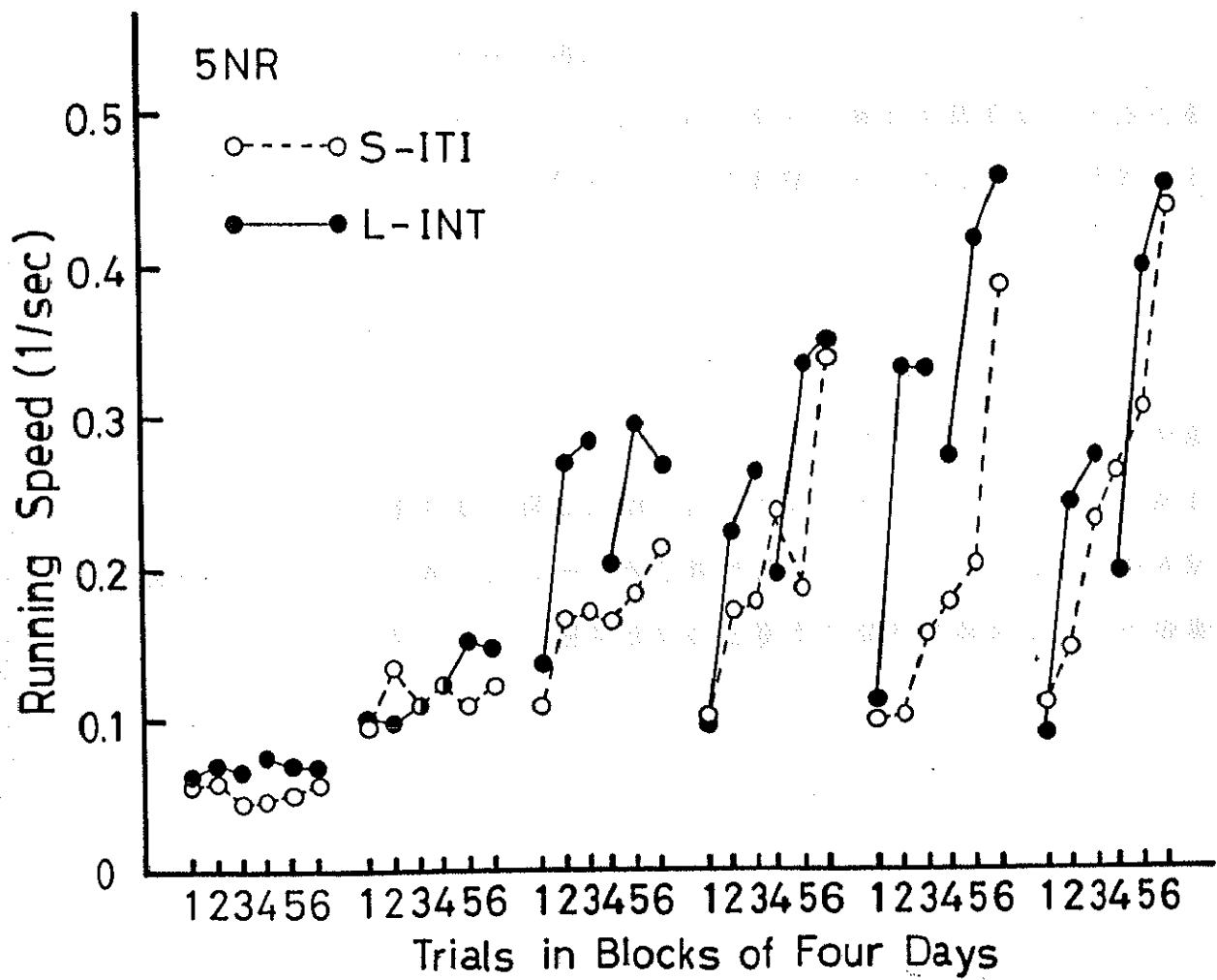


Fig.20 Running speeds of Group S-ITI and Group L-INT under 5NR sequence on each of the six trials of 4-days blocks

実験13：短いインターバルによる記憶のリセット

方法

被験体 Wistar-Imamichi系の雄ラット24匹。

装置 前実験と同じ直線走路。

手続き L-I-T-I群とS-I-N-T群に対し、毎日の第6試行が強化を受け、残りの5試行が無強化試行である6試行からなる5NR系列が1日1回与えられた。

結果

Fig.21に示したように、L-I-T-I群では、第1、2、3と試行を追うごとに、走行速度が上昇し、強化試行である第6試行での速度が最も速かった。これに対し、S-I-N-T群では、インターバル直後の第4試行での走行が非常に遅く、前半3試行と後半3試行で類似した走行曲線を描いていた。

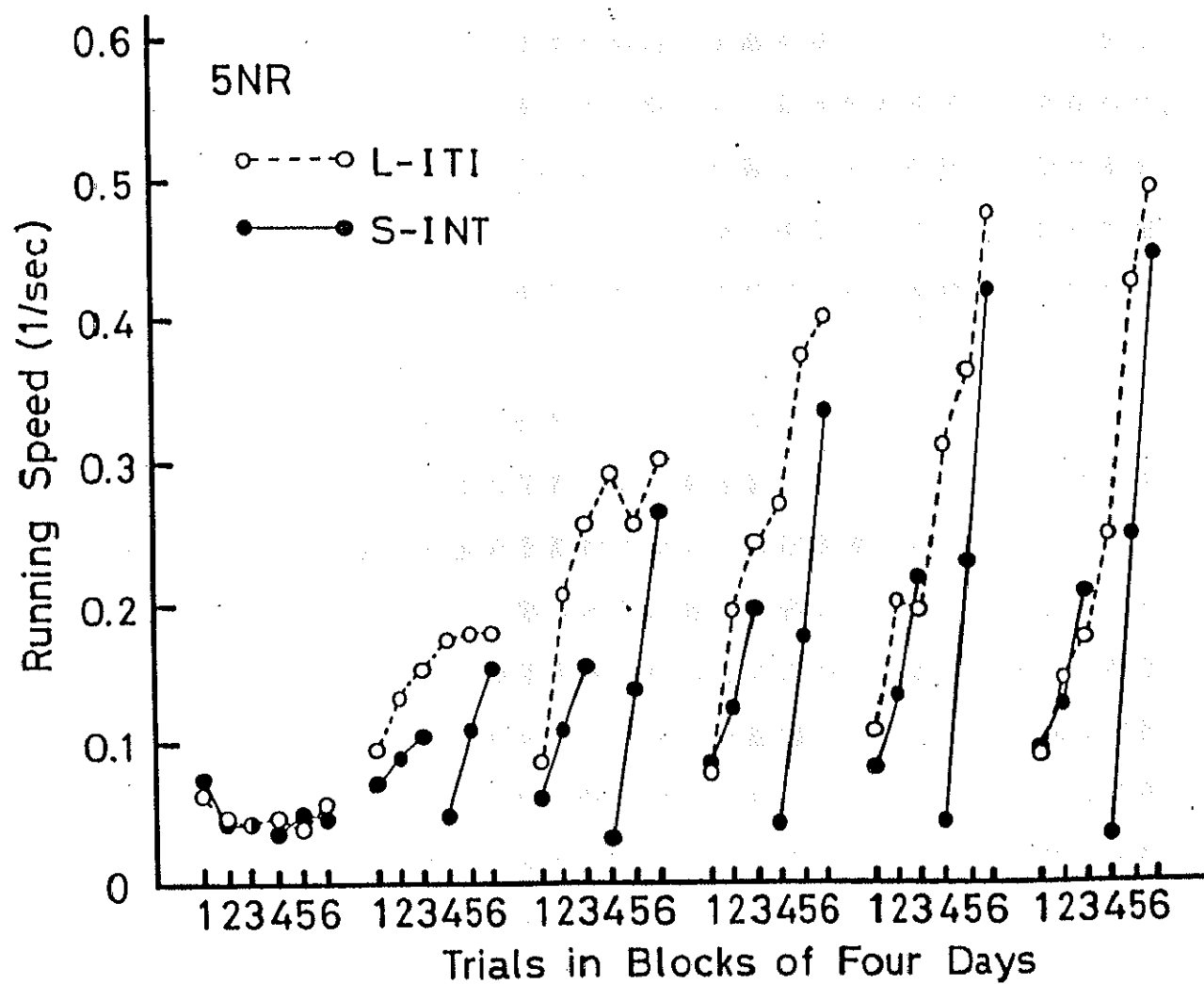


Fig.21 Running speeds of Group L-ITI and Group S-INT under 5NR sequence on each of the six trials of 4-days blocks

実験12及び実験13に関する考察

実験12,13から、等間隔のITIが与えられたS-ITI群とL-ITI群は、第1試行から徐々に走行速度が上昇し、強化試行である第6試行で最も速く走るといふ右上がりの走行曲線を描いていた。この結果は、実験1の4NR群が示したものと一致する。5NR系列では、各試行で、 S^{T1} 、 S^{N1} 、 S^{N2} 、 S^{N3} 、 S^{N4} 、 S^{N5} が生起し、第6試行で生起する S^{N5} が正刺激になる。したがって、試行が進行するに伴い、各試行で生起する記憶と正刺激との類似度が増加するので、走行速度が上昇していったのである。

一方、第3試行と第4試行間に長さが異なるインターバルが入れられたL-INT群とS-INT群では、第4試行での走行が遅く、インターバルの前の3試行と後の3試行においてほぼ同様な右上がりの走行パターンを示していた。この結果から、他より長いインターバルと短いインターバルの両者とも分節手がかりになることがわかる。つまり、第3試行後のインターバルにおいて、ラットは記憶をリセットし、第4試行では S^{T1} 、第5試行では S^{N1} 、第6試行では S^{N2} が生起する。ここで第6試行での S^{N2} が正刺激となるので、 S^{N2} との類似度が低い記憶が生起した第4試行での走行が遅くなるのである。

第5節 考察：直前試行が無強化試行の場合における相対的時間間隔による記憶のリセットについて

第五章の目的は、直前の強化事象にかかわらず、相対的な時間間隔が分節手がかりになるかどうかを検討することにあつた。実験の結果、R 5 N 系列、3 N R 2 N 系列、5 N R 系列のいずれにおいても、L - I N T 群では、第1試行から第3試行までと第4試行から第6試行までの2つの走行曲線が類似していた。このL - I N T 群の結果は、直前にどのような強化事象が与えられたかに関係なく、他よりも長いインターバルは分節手がかりとして機能することを示している。

一方、S - I N T 群では、R 5 N 系列の第4試行の走行と3 N R 2 N 系列での第1試行の走行速度が上昇せず、第3試行までと第4試行以後とで類似する走行曲線は得られなかった。しかし、このS - I N T 群の結果から、他よりも短いインターバルは分節手がかりにはならないという結論を出すことはできない。なぜならば、R 5 N 系列におけるS - I N T 群の結果は、系列が分節されなかったS - I T I 群とL - I T I 群のものと同じであつたが、3 N R 2 N 系列では、S - I N T 群は等間隔のI T I が与えられた2群とは全く異なる走行曲線を描いていたからである。しかも、5 N R 系列では、S - I N T 群は系列が分節されたL - I N T 群と同様な走行を示していた。

そこで、第2、3節のR 5 N 系列と3 N R 2 N 系列におけるS - I N T 群だけでなく、L - I N T 群や、第4節の5 N R 系列、さらに第四章の2 N R 3 N 系列で得た結果のすべてに適用できる説明が必要となる。それが、実験9で第二の可能性として挙げられ、実験11で支持された解釈である。つまり、直前の強化試行に関係なく、他よりも短いインター

バルは長いインターバルと同様に分節手がかかりとなり、さらに、このインターバルの長さが次試行の強化に対する弁別刺激にもなっているというものである。この考えに基づいて、それぞれの結果を説明していくことにする。

まず、第1試行は前日の最終試行から約24時間後に行われる試行であることが重要となる。第1試行で生起する記憶が後続試行のものと異なることは、集中試行と分散試行で消去抵抗を比較したCapaldi & Morris (1974)や Haggblom & Pond (1981)によっても示されている。つまり、第1試行では、系列の最初の試行であるとともに、非常に長いITIに後続する試行であるという2つの特質を持つ記憶 S^{T1} が生起する。

Capaldi (1979)は、第1試行以外ではその試行までにどのような強化の配置を受けてきたかという強化事象に対する記憶が弁別刺激となることを示唆した。しかし、本章で検討したR5N系列と3NR2N系列におけるL-INT群とS-INT群の結果は、系列が分節される場合には、各日の第1試行に加えて分節後の最初の試行でも時間に関連した記憶が弁別刺激となることを示している。

つまり、R5N系列において、L-INT群の第4試行では正刺激である S^{T1} との類似度が高い刺激である長いインターバルに関連した記憶が生起したので走行速度が速められたのに対し、S-INT群の第4試行では短いインターバルに関連した刺激が生起したので、走行速度は上昇しなかったのである。一方、3NR2N系列におけるL-INT群では第4試行での長いインターバルに関連する記憶が正刺激となるのに対し、S-INT群では第4試行での短いインターバルに関連した記憶が正刺激となる。したがって、L-INT群では正刺激と第1試行での S^{T1} との類似度が高いので、第1試行の走行が速められたのに対し、S-

I N T 群では正刺激と S^{T1} が類似していなかったため、走行速度は上昇しなかったと考えることができる。

第四章で用いた 2 N R 3 N 系列の L - I N T 群と S - I N T 群では、強化試行の直前ではなく、直後の I T I の長さが変えられていた。また、本章の第 4 節での 5 N R 系列では、インターバルと強化試行は隣接していなかった。したがって、この両系列では時間に関連した記憶が強化に対する弁別刺激になっていないので、時間的要因を考えに入れるかどうかによって、結果が左右されることはない。つまり、長さが異なる I T I が強化に対する弁別手がかりにもなっているという仮定を加えても、2 N R 3 N 系列と 5 N R 系列の結果は説明できる。しかし、この仮定がなければ、3 N R 2 N 系列と R 5 N 系列で得られた結果が説明できないことは、言うまでもない。

Capaldi & Morris(1974)によれば、第 1 試行で生起する S^{T1} と、第 2 試行以降で生起する強化事象に対する記憶とは刺激次元が異なるので、両者間には刺激般化が生じないことが仮定されている。第 3 節での 3 N R 2 N 系列を受けた S - I T I 群や L - I T I 群の無強化試行での走行間には差がみられたのに対し、ラットは L - I N T 群の第 1 試行を除き、L - I N T 群と S - I N T 群におけるほとんどの無強化試行で同様に遅く走っていた。このことは、L - I N T 群と S - I N T 群の 2 群において、L - I N T 群の第 1 試行以外の各試行で生起した記憶と正刺激間には刺激般化が生じなかったことを示している。したがって、この結果からも、この 2 群において強化に対する弁別刺激になっていたのは、強化事象に対する記憶とは刺激次元が異なる刺激、つまり、時間に関連した記憶であることがわかる。

また、L - I N T 群における R 5 N 系列の第 4 試行と 3 N R 2 N 系列

第六章 結論：ラットの強化系列学習における認知過程

第1節 得られた結果の総括

本論文は、動物学習に関する歴史的な流れをふまえて、ラットが自発的に系列を分ける刺激である分節手がかりを捜し出し、強化事象に関する記憶のリセット機構を明らかにすることによって、ラットの強化系列学習における認知過程について新しい知見を提供することを目的とするものであった。

第一章では、部分強化理論の展開を時代的に追うことによって、部分強化研究において強化系列がどのように捉えられていたかを検討した。そして、S-R理論から徐々に認知的色彩を強めてきた部分強化理論の延長上に強化系列学習があることを述べた。また、人間の系列学習に端を発する認知的理論が動物学習研究に入り込み、部分強化からの流れとぶつかったところにラットの強化系列学習が位置すると考えた。

さらに、強化系列学習を説明する理論として、人間の系列学習研究によって得られた知見を動物学習に適用したHulse(1978)の系列符号化理論と部分強化理論である系列理論(Capaldi, 1966, 1967)から発展した記憶弁別理論(Capaldi & Molina, 1979; Capaldi et al., 1980a)を取り上げ、両者の対立について検討した。そして、これまでに報告されている多くの研究結果は記憶弁別理論からの予測に一致するが、系列符号化理論では説明できないことから、記憶弁別理論が有力であると結論した。なお、記憶弁別理論では、当該試行までに与えられた強化事象に関する記憶が弁別刺激になることが主張されていた。

第二章では、まず、強化試行における記憶のリセットに関する現在ま

での見解が一致していないことを指摘した。つまり、記憶弁別理論では、強化試行において記憶がリセットされることが仮定されているのに対し、Capaldi & Verry(1981)の並列的系列を用いた研究では、強化の記憶と無強化の記憶が複合すると示唆されていることに着目した。そして、記憶弁別理論の仮定が正しいのであれば、強化試行が分節手がかりになると考えた。

そこで、実験1では、2NR2N系列を用いて、強化事象に対する記憶が強化試行においてリセットされるか否かを検討した。この実験1は、単一系列場面で強化試行における記憶のリセットを調べた初めての試みであった。実験の結果、単一系列を与えた時にも、強化の記憶と無強化の記憶が複合され、強化試行では記憶がリセットされないことが示された。したがって、強化試行は分節手がかりではなかった。この見解は、Capaldiの記憶弁別理論に疑問を投げかけるものであった。

第三章では、長い時間間隔において提示された項目は別の系列として学習されるという人間の系列学習における知見(Restle, 1972)に注目し、訓練の途中から新たに系列を加えるという系列付加場面で、ラットは30分という他よりも長いインターバルを分節手がかりとして利用するかを検討した。その結果、それまでと同じ30秒間隔で付加された系列は元の系列の続きとして学習されたのに対し、30分インターバル後に付加された系列は別の系列として分節されていた。つまり、ラットは長いインターバルを分節手がかりとして利用し、そこで記憶をリセットしていた。

第四章では、最初から6試行系列で訓練した場合にも、ラットは長いインターバルによって記憶をリセットすることが見いだされた。また、すべての試行を30分間隔で行った場合には、ラットは与えられた複数の強化事象を記憶できることから、長いインターバルによって記憶がリセ

ットされるのは、30分前の事象を記憶できないという受動的な制約ではなく、ラットが長いインターバルによって積極的に記憶をリセットしていることがわかった。さらに、30秒という短いインターバルによっても記憶がリセットされるという興味深い結果が得られた。これらの結果から、ラットは、分節手がかりとして、絶対的な時間間隔ではなく、そこで与えられた時間間隔が他の間隔に対して極めて長いとか短いという相対的な長さの違いを用いていることが示唆された。しかし、第四章の実験で用いられた2NR3N系列では、長さが異なるインターバルが強化試行の直後に与えられていたので、分節化がITIの相対的な長さと直前の強化事象という2つの要因の相互作用によって成立している可能性が残された。

そこで第五章では、直前試行の強化事象が他の試行と同じであるR5N系列、3NR2N系列、5NR系列という3系列を用いて、上の2つの要因を分離し、ITIの相対的な長さが分節手がかりになるかを検討した。その結果、どの系列においても、ラットは相対的な時間の変化を分節手がかりとして利用し、分節化は直前の強化事象には依存しないことがわかった。さらに、分節後の最初の試行では、分節手がかりが強化に対する弁別刺激としても機能することが示された。

以上をまとめると、本研究では、ラットはITIの相対的な長さの違いを分節手がかりとして系列を分節し、系列の最初の試行では時間的手がかりを弁別刺激として用い、後続試行ではそれまでの強化事象に関する記憶に基づいて、与えられた強化系列を学習していくことが明らかにされたといえる。

第2節 強化事象に対するラットの記憶の特質について

第二章で検討したように、Capaldiは系列理論 (Capaldi, 1966, 1967) から記憶弁別理論 (Capaldi & Molina, 1979) まで一貫して、強化試行で記憶がリセットされ、強化の記憶と無強化の記憶は複合しないという立場を採っていた。Capaldi & Verry (1981) が2つの系列をランダムに提示するという並列的系列で強化の記憶と無強化の記憶は複合されると示唆しても、Self & Gaffan (1983) が述べているように、並列的系列ではともかく、1つの系列しか与えない単一系列ではそのようなことはないと考えられていた。

しかし、本研究において2NR3N系列 (実験5、6) や3NR2N系列 (実験10、11) をそれぞれ等間隔のITIで受けたS-ITI群とL-ITI群によって描かれた逆V字型走行曲線は、単一系列においても、ラットは強化と無強化の記憶を複合して用いることを示している。つまり、2NR3N系列では、ラットは第1試行から順に、 S^{T1} 、 S^{N1} 、 S^{N2} 、 $S^{N2} + S^R$ 、 $S^{N2} + S^R + S^{N1}$ 、 $S^{N2} + S^R + S^{N2}$ という複合した記憶を弁別手がかりとして用いていたのである。同様に、3NR2N系列では、 S^{T1} 、 S^{N1} 、 S^{N2} 、 S^{N3} 、 $S^{N3} + S^R$ 、 $S^{N3} + S^R + S^{N1}$ が各試行で生起する。そして、強化試行で生起する正刺激と各試行で生起する記憶との類似度によって、各試行での走行速度が決定されていたと考えられる。

並列的系列を用いた研究 (Capaldi & Verry, 1981; Capaldi et al., 1982; Self & Gaffan, 1983) では、20-30秒のITIで与えられた複数の強化事象をラットは記憶できることが報告されていた。一方、長いITIを用いた研究では、Jobe, Mellgren, Feinberg, Littlejohn, & Rigby (19

77)が、ラットは24時間前に生起した事象を記憶できることを見いだしている。しかし、Jobe et al.の研究では、単一の強化事象に関する記憶しか扱われていない。したがって、本研究は、単一系列においてラットが複合した記憶を用いることを示した初めての研究であり、しかも第四、五章のL-I T I群の結果は、ラットが30分という長いI T Iにおいても複数の強化事象を記憶できることを示した最初のものである。L-I T I群は、第1試行の2時間半後に第6試行を受けていた。つまり、ラットは、2時間半にわたって30分おきに提示される6つの強化事象をすべて記憶できるのである。

Capaldi(1979)は、それまでの部分強化研究をまとめ、 S^R や S^N はいかなる長さのI T Iにおいても機能することを示唆している。本研究での第四、五章におけるS-I T I群とL-I T I群の結果は、 S^R や S^N が単独の場合だけではなく、 S^R+S^N というように複合した場合にも、この強化事象に関する記憶は長い時間間隔にわたって維持され、衰退しないことを示している。

このような強化記憶の特徴は、Honig(1978)によって提唱された作業記憶(Working memory)と非常によく似ている。Honigは、直線走路における単一交替場面を作業記憶課題として分類している。彼によれば、単一交替では直前の強化事象の記憶が遅延見本合わせ(DMTS)課題における見本刺激に、その試行での強化結果が比較刺激にそれぞれ対応するという。彼の見本刺激のとらえ方を、直前の強化事象だけではなくそれまでのすべての強化事象に対する記憶にまで拡張すれば、本研究で用いられたすべての系列を作業記憶課題として見なすことができる。

作業記憶課題として非常に有名な放射状迷路学習では、Olton(1978)やRoberts(1979)が報告しているように、空間的に配列された事象に対する

ラットの記憶は非常に優れており、以前に訪れたアームに対する記憶はすべてのアームを選択し終わる（1試行終了時）まで維持されるという。また、選択したアームに関する記憶は、各選択において次々に変わっていく。刺激事象が放射状迷路課題では空間的に配列されるのに対し、本研究での強化系列課題では時間的に配列されるという違いはあるものの、両課題を用いた研究が、ラットはその時々に変化していく複数の事象に対する情報を記憶できることを示していることは非常に興味深い。

8方向迷路で完全な遂行がなされることは、ラットが次々に訪れた7つの場所事象をそれぞれ記憶できることを示している(Olton, 1978)。しかし、7事象というのがラットの記憶の限界ではない。Olton, Collison, & Wertz (1977)は17方向迷路において、さらに、Roberts (1979)は24方向迷路を用いて、ラットは少ないエラーで課題を学習することを報告している。これらの研究から、ラットはかなり多くの場所事象を記憶できることがわかる。

一方、本研究では、1日の試行数は多くて6試行であったので、ラットは最大で6つの強化事象を記憶すればよかった。つまり、ラットが6つ以上の強化事象を記憶できるかについて、本研究から答えを出すことはできない。また、これまでにこの問題を検討した研究は報告されていない。空間事象に対する記憶と比較する意味においても、1日の試行数を多くして、ラットがいくつの強化事象まで記憶できるかを検討することは今後の課題であると思われる。

第3節 強化事象に対する記憶のリセットについて

本研究で見いだされた最も重要な事実、他と長さが異なるという相対的な時間間隔が分節手がかりになるという第四章で得られた結果である。

これまで、長い時間間隔によって系列が分けられることに、研究者が全く気がついていなかったのではない。例えば、強化系列学習が脚光を集めるきっかけとなったHulse & Dorsky(1977)の研究では、14-7-3-1-0系列が1日4回繰り返されているが、系列内のI T Iが10-15秒であるのに対し、繰り返しの間に10-15分の間隔がおかれていた。ところが、彼らの実験は、手続きとして系列間に長い時間間隔を入れていたが、長い時間間隔の効果を検討したものではなかった。同様なことが並列的系列を用いた研究(Capaldi & Verry, 1981; Capaldi, Nawrocki, & Verry, 1983)についても当てはまる。

その後、Fountain et al.(1984)とCapaldi, Verry, & Nawrocki(1984)が、系列間に長い間隔を入れることによって学習が促進することを報告している。しかし、彼らは、短い間隔の中に長い間隔が入れられた場合の相対的な効果しか検討していない。つまり、長い間隔自体が持つ絶対的な影響を検討した上で、短い間隔の中に入れられた長い間隔の効果を調べた研究はこれまでにない。

一方、本研究では、ラットは30分前に与えられた強化事象を30秒前に与えられた事象と同じように記憶できることが第四章と第五章から示されていた。つまり、強化事象に関する記憶に及ぼす効果において、30分という長い間隔自体には30秒となんら異なる影響は見られない。それに関わらず、30秒間隔で行われている時に30分間隔が入れられると、ラ

ットはそこで記憶をリセットする。このように、本実験は長い時間間隔の絶対的な効果を検討した上で、短い時間間隔の中に入れられた時の長い間隔の影響を浮き彫りにしたのである。

さらに、本研究では、ラットは長い時間間隔だけでなく、30秒という短い時間間隔でも記憶をリセットすることが見いだされた。30秒自体にはリセット効果がないことは第四章のS-I-T-I群によって示されている。つまり、30分という長い間隔の中に30秒間隔が入れられた時にラットは記憶をリセットするのである。

本研究の最初の実験である実験1は、I-T-Iの効果を扱ったものではなかったので、実験2以降とは違い、I-T-Iを統制せず、4匹の第1試行がすべて終了したら第2試行に移るという手続きをとった。習得初期では各ラットの走行が全体的に遅いので、I-T-Iは約15分から25分であった。その後、訓練の進行に伴ってI-T-Iも短くなり、習得後期ではI-T-Iは5分から8分となった。したがって、習得期を通して各ラットは毎日一定のI-T-Iを受けていたのではなかった。また、この手続きでは、日内でも他のラットの走行の状態によってI-T-Iが変わってくる。このような状態でも、実験1の2NR-2N群は、実験5、6におけるI-T-Iがすべて等しく行われた群と同じような走行を示した。つまり、I-T-Iが一定でない場合には、ラットは、I-T-Iを記憶のリセット手がかりとしては用いないことがわかる。あくまでも、長さが異なるI-T-Iが一カ所だけ行われた時に、ラットはそこで記憶をリセットするのである。

実験2以降で用いられた30秒と30分という2種類のI-T-Iの長さは、ラットを個別ケージに戻してから次の試行の準備をするのに30秒かかるというような実験手続き上の都合により決められたものであった。したがって、短いI-T-Iとして30秒を、長いI-T-Iとして30分を用いなくて

はならないという絶対的な制限があるのではない。

今後、I T I の差がどのくらいあれば相対的な時間間隔によるリセット機構が働くのかに関して、本実験で用いた以外の I T I を組み合わせて検討していけば、ラットの時間弁別に関しても新たな見解を提供できるものと考えられる。

第4節 ラットの認知過程

第3節で検討したように、本研究では、ラットの強化事象に対する記憶には絶対的な時間に依存しないリセット機構があることが発見された。このようなりセット機構があることも第2節で述べた作業記憶の特質と非常に類似していることに注目したい。

Olton(1978)は、8方向放射状迷路で1試行(8選択)の終了1分後に再びラットを装置内に戻したところ、直前試行の選択に影響されずに次試行でも正しい選択を行うことを見いだした。彼は、この結果から、ラットが各試行の終了時にそれまでの記憶をリセットしていることを提唱した。つまり、記憶をリセットすることによって、前試行で訪れたアームに関する記憶が次試行に影響しないと考えた。一方、第4選択と第5選択の間に15秒から2分(Maki, Brokofsky, & Berg, 1979)、さらに8時間(Beatty & Shavalia, 1980)の遅延をはさんでも、ラットは第5選択以降でエラーを示さず、以前に選択したアームをすべて記憶していることも報告されている。

以上の8方向迷路研究から、1分という短い時間間隔で記憶がリセットされることがあるのに対し、8時間ではリセットがなされないことがわかる。つまり、本実験で扱っている強化事象に関する記憶と同様に、放射状迷路内での記憶のリセットは、絶対的な時間間隔とは独立であると考えられる。

実験者が30分という同じITIを与えても、30分ITIが他の間隔と等しい時には記憶を保持し、他の間隔と異なる時にはそれ以前の強化事象を記憶できるのにも関わらず積極的に記憶をリセットすることは、ラットが能動的に情報を処理していることのあらわれである。

本研究とは用いられた被験体や装置が異なるが、Maki & Hegvik(1980)は、遅延見本合わせ場面で、ハトが見本刺激の直後に与えられた外的手がかりに基づいて、見本刺激を能動的に忘却していることを報告した。この現象は指向性忘却(Directed forgetting)と呼ばれる。指向性忘却という観点で本研究結果をとらえると、L-I N T 群のラットは、30秒 I T I を「前試行までの強化事象を保持しなさい」という記憶手がかりとして用い、30分 I T I を「これまでの強化事象を忘却(リセット)しなさい」という忘却手がかりとして用いていたことがわかる。S-I N T 群では、これと逆のことが起こる。つまり、本実験は、ラットにおける指向性忘却の証拠も提供していることになる。しかも、第五章で検討したように、時間間隔は分節手がかりとなると同時に、強化に対する弁別刺激としても機能しているのである。

以上で検討してきたように、本研究で得られた結果は、空間記憶、作業記憶、指向性忘却といった最近の動物学習に関する認知的研究によって見いだされてきた現象と非常に類似点が多い。

本研究では、ラットが各試行でどのような刺激を弁別刺激として用いているかを分析することから始めた。しかし、ただ単に、どのような刺激を与えたら、ラットはどう反応するかをS-R的に検討するのではなく、ラットはどのような刺激を複合し、あるいは切り放す(リセットする)かを中心に、刺激と刺激間の連合(S-S連合)を検討してきた。そして、ラットが試行間間隔の相対的な長さに基づいて系列を分節し、系列の最初の試行では時間的手がかりを、後続試行では強化事象に関する複合した記憶を弁別刺激として用い、与えられた強化系列を学習していくという新しい見解を提供することができた。強化事象に対するラットの認知過程という問題から捉えると、ラットはI T Iの絶対的な長さ

に関わらず、等間隔で与えられた事象をまとめていたのである。

この考え方は、与えられた強化系列を1つ1つの事象に分けるのではなく、全体としてとらえるというHulse(1978)の系列符号化理論に近いものではない。つまり、Hulseが各刺激間の連合より一段階高いレベルである全体の法則構造という概念的なものを強調しているのに対し、本研究では、ラットがどの刺激とどの刺激を複合して用いるかに関して刺激のレベルで検討する以上のことは行っていない。

現在、動物の学習研究において、認知的傾向が強まっているといわれる。しかし、「認知的な」研究と言っても大きく分けると2つに分類することができる。1つは、Hulseに見られるように、得られた結果を刺激のレベルではなく、法則とか符号化といった認知的な言葉で説明している研究である。もう1つは、「反応生起の直前にあった刺激ではなく、以前に起こった刺激事象によってコントロールされているような行動を認知的行動と呼ぶ」というBolles(1979)の定義に示されているような記憶過程を重視する研究である。

本研究は、強化事象の記憶や記憶のリセットを重視している点で認知的研究と見なされるが、結果を認知的な用語によって説明することはしていない。つまり、動物の学習を研究する上で刺激のレベルで説明が可能であれば、何もHulseが行ったようにもう1つ上の概念で説明する必要はないと思われる。そのような意味では、より低次の心的能力の働きの結果として解釈できるものをより高次の結果として解釈してはいけないというMorgan(1894)の公準を守りながら、研究結果を解釈していくことが重要であると考えられる。

本研究で検討してきたように、強化系列学習は、ただ単に強化系列に対する学習を扱うのに留まることなく、作業記憶や空間記憶などの他の

記憶研究と相まって、ラットの認知過程に対するわれわれの理解を深めていくようなこれからも発展が期待できる研究テーマであると思われる。

引用文献

- Amsel, A. 1958 The role of frustrative nonreward in noncontinuous reward situations. Psychological Bulletin, 55. 102-119.
- Amsel, A. 1967 Partial reinforcement effect on vigor and persistence: Advance in frustration theory derived from a variety of within-subjects experiments. In K.W. Spence & J.T. Spence (Eds.) The psychology of Learning and Motivation: Advance in Research and Theory. Vol. 1. New York: Academic Press.
- Amsel, A., & Ward, J.S. 1965 Frustration and persistence: Resistance to discrimination following prior experience with the discriminanda. Psychological Monographs, 79 (Whole No. 597).
- Beatty, W.W., & Shavalia, D.A. 1980 Spatial memory in rats: Time course of working memory and effects of anesthetics. Behavioral and Neural Biology, 28, 454-462.
- Bitterman, M.E., Fedderson, W.E., & Tyler, D.W. 1953 Secondary reinforcement and the discrimination hypothesis. American Journal of Psychology, 66, 456-464.
- Bolles, R.C. 1979 Learning theory (2nd. ed.). Holt Rinehart and Wiston.
- Bower, G.H., & Winzenz, D. 1969 Group structure, coding, and memory for diget series. Journal of Experimental Psychology, 80 (2, Pt. 2).
- Capaldi, E.J. 1964 Effect of N-length, number of different N-lengths, and number of reinforcements on resistance to

- extinction. Journal of Experimental Psychology, 68, 230-239.
- Capaldi, E.J. 1966 Partial reinforcement: A hypothesis of sequential effect. Psychological Review, 73, 459-477.
- Capaldi, E.J. 1967 A sequential hypothesis of instrumental learning. In K.W. Spence & J.T. Spence (Eds.), The psychology of learning and motivation (Vol.1). New York: Academic Press.
- Capaldi, E.J. 1971 Memory and learning: A sequential viewpoint. In W.K. Honig & P.H.R. James (Eds.), Animal memory. New York: Academic Press.
- Capaldi, E.J. 1974 Partial reward either following or preceding consistent reward: A case of reinforcement level. Journal of Experimental Psychology, 102, 954-962.
- Capaldi, E.J. 1978 Reinforcement level: An expectancy-associative approach to relative reinforcement and nonreinforcement effects. In G. McCain (Ed.), The Arlington symposium on learning. Stanford, Connecticut: Greylock.
- Capaldi, E.J. 1979 Latent discrimination learning under a regular schedule of partial reinforcement. Animal Learning & Behavior, 7, 63-68.
- Capaldi, E.J., & Hart, D. 1962 Influence of small number of partial reinforced trials on resistance to extinction. Journal of Experimental Psychology, 64, 166-171.
- Capaldi, E.J., & Kassover 1970 Sequence, Number of nonrewards, anticipation, and intertrial interval in extinction. Journal of Experimental Psychology, 84, 470-476.

- Capaldi, E.J., & Minkoff, R. 1967 Reward schedule effects at a relatively long intertrial interval. Psychonomic Science, 9, 169-170.
- Capaldi, E.J., & Spivey 1964 Stimulus consequences of reinforcement and nonreinforcement: Stimulus traces or memory. Psychonomic Science, 1, 403-404.
- Capaldi, E.J., & Stanley, L.R. 1963 Temporal properties of reinforcement aftereffects. Journal of Experimental Psychology, 65, 169-175.
- Capaldi, E.J., & Molina, P. 1979 Element discriminability as a determinant of serial-pattern learning. Animal Learning & Behavior, 7, 318-322.
- Capaldi, E.J., & Morris, M.D. 1974 Reward schedule effects in extinction: Intertrial interval, memory, and memory retrieval. Learning and Motivation, 5, 473-483.
- Capaldi, E.J., Lanier, A.T., & Godbout, R.C. Reward schedule effects following severely limited acquisition training. Journal of Experimental Psychology, 78, 521-524.
- Capaldi, E.J., & Verry, D.R. 1981 Serial order anticipation learning in rats: Memory for multiple hedonic events and their order. Animal Learning & Behavior, 9, 441-453.
- Capaldi, E.J., Nawrocki, T.M., & Verry, D.R. 1982 Difficult serial anticipation learning in rats: Rule-encoding vs. memory. Animal Learning & Behavior, 10, 167-170.

- Capaldi, E.J., Nawrocki, T.M., & Verry, D.R. 1983 The nature of anticipation: An inter- and intraevent process. Animal Learning & Behavior, 11, 193-198.
- Capaldi, E.J., Verry, D.R., & Davidson, T.L. 1980a Memory, serial anticipation pattern learning, and transfer in rats. Animal Learning & Behavior, 8, 575-585.
- Capaldi, E.J., Verry, D.R., & Davidson, T.L. 1980b Why rule encoding by animals in serial learning remains to be established. Animal Learning & Behavior, 8, 691-692.
- Capaldi, E.J., Verry, D.R., & Nawrocki, T.M. 1984 Serial learning, interitem association, phrasing cues, interference, overshadowing, chunking, memory, and extinction. Animal Learning & Behavior, 12, 1-10.
- Capaldi, E.J., Ziff, D.R., & Godbout, R.C. 1970 Extinction and the necessity or non-necessity of anticipating reward on non-rewarded trials. Psychonomic Science, 18, 61-63.
- Capaldi, E.J., Nawrocki, T.M., Miller, D.J., & Verry, D.R. 1985 An examination into some variable said to affect serial learning. Animal Learning & Behavior, 13, 129-136.
- Denny, M.R. 1946 The role of secondary reinforcement in a partial reinforcement learning situation. Journal of Experimental Psychology, 36, 373-389.
- Fountain, S.B., Henne, D.R., & Hulse, S.H. 1984 Phrasing cues and hierarchical organization in serial pattern learning by rats. Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 10, 1-14.

10, 30-45.

- Haggbloom, S.J., & Brooks, D.M. 1985 Serial anticipation and pattern extrapolation in rats as a function of element discriminability. Animal Learning & Behavior, 13, 303-308.
- Haggbloom, S.J., & Pond, E.K. 1981 Partial reinforcement effects following a shift from massed acquisition to spaced extinction. Bulletin of the Psychonomic Society, 18, 278-280.
- Honig, W.K. 1978 Studies of working memory in the pigeon. In S.H. Hulse, H. Fowler, & W.K. Honig (Eds.) Cognitive processes in animal behavior. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hull, C.L. 1931 Goal attraction and directing ideas conceived as habit phenomena. Psychological Review, 38, 487-506.
- Hull, C.L. 1935 The conflicting psychologies of learning - a way out. Psychological review, 42, 491-516.
- Hull, C.L. 1943 Principles of behavior. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Hull, C.L. 1952 A behavior system: An introduction to behavior theory concerning the individual organism. New Haven: Yale Univ. Press.
- Hulse, S.H. 1978 Cognitive structure and serial pattern learning by animals. In S.H. Hulse, H. Fowler, & W.K. Honig (Eds.), Cognitive processes in animal behavior. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Hulse, S.H. 1980 The case of the missing rule: Memory for reward vs. formal structure in serial-pattern learning by rats. Animal Learning & Behavior, 8, 689-690.

- Hulse, S.H., & Cynx, J. 1986 Interval and contour in serial pitch perception by a passerine bird, the European starling (*Sturnus vulgaris*). Journal of Comparative Psychology, 100, 215-228.
- Hulse, S.H., & Dorsky, N.P. 1977 Structural complexity as a determinant of serial pattern learning. Learning and Motivation, 8, 488-506.
- Hulse, S.H., & Dorsky, N.P. 1979 Serial pattern learning by rats: Transfer of a formally defined stimulus relationship and the significance of nonreinforcement. Animal Learning & Behavior, 7, 211-220.
- Hulse, S.H., Fowler, H., & Honig, W.K. 1978 Cognitive processes in animal behavior. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Humphreys, L.G. 1939a The effect of random alternation of reinforcement on the acquisition and extinction of conditioned eyelid reactions. Journal of Experimental Psychology, 25, 141-158.
- Humphreys, L.G. 1939b Acquisition and extinction of verbal expectations in a situation analogous to conditioning. Journal of Experimental Psychology, 25, 294-301.
- Humphreys, L.G. 1940 Extinction of conditioned psychogalvanic responses following two conditions of reinforcement. Journal of Experimental Psychology, 27, 71-75.
- 石田雅人 1973 過剰訓練消去効果と試行間隔の関係の吟味 心理学研究 44, 51-54.

- Jenkins, W.D., & Stanley, J.C. 1950 Partial reinforcement: A Review and critique. Psychological Bulletin, 47, 193-234.
- Jobe, J.B., Mellgren, R.L., Feinberg, R.A., Littlejohn, R.L., & Rigby, R.L. 1977 Patterning, partial reinforcement, and N-length effects at spaced trials as a function of reinstatement of retrieval cues. Learning & Motivation, 8, 77-97.
- Jones, M.R. 1971 From probability learning to sequential processing: A critical review. Psychological Bulletin, 76, 153-185.
- Jones, M.R. 1976 Levels of structure in the reconstruction of temporal and spatial serial patterns. Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, 2, 475-488.
- Lashley, K.S. 1951 The problem of serial order in behavior. In L. A. Jeffress (Ed.) Cerebral Mechanisms in behavior, New York: Wiley.
- Lawrence, D.W., & Festinger, L. 1962 Deterrents and reinforcement: The psychology of insufficient reward. Stanford: Stanford Univ. Press.
- Leung, C.M., & Jensen, G.D. 1968 Shifts in percentage of reinforcement viewed as change in incentive. Journal of Experimental Psychology, 76, 291-296.
- Lewis, D.J. 1960 Partial reinforcement: A selective review of the literature since 1950. Psychological Bulletin, 57, 1-28.
- Maki, W.S., & Hegvik, D.K. 1980 Directed forgetting in pigeons. Animal Learning & Behavior, 8, 567-574.

- Maki, W.S., Brokofsky, S., & Berg, B. 1979 Spatial memory in rats: Resistance to retroactive interference. Animal Learning & Behavior, 7, 25-30.
- McCain, G. 1968 The partial reinforcement effects following a small number of acquisition trials. Psychonomic Monograph Supplements, 1, 251-270.
- McHose, J.H. 1970 Relative reinforcement effects: S1/S2 and S1/S1 paradigms in instrumental conditioning. Psychological Review, 77, 135-146.
- Mellgren, R.L., Mays, M.Z., & Haddad, N.F. 1983 Discrimination and generalization by rats of temporal stimuli lasting for minutes. Learning and Motivation, 14, 75-91.
- Mowrer, O.H., & Jones, H.M. 1945 Habit strength as a function of pattern of reinforcement. Journal of Experimental Psychology, 35, 293-311.
- North, A.J., & Stimmel, D.T. 1960 Extinction of an instrumental response following a large number of reinforcement. Psychological Reports, 6, 227-234.
- Olton, D.S. 1978 Characteristics of spatial memory. In S.H. Hulse, H. Fowler, & W.K. Honig (Eds.) Cognitive Processes in Animal Behavior. Hillsdale, N.J. Erlbaum.
- Olton, D.S., Collison, C., & Wertz, M. 1977 Spatial memory and radial arm maze performance of rats. Learning & Motivation, 8, 289-314.

- Padilla, A.M. 1967 A few acquisition trials: Effects of magnitude and percent reward. Psychonomic Science, 9, 241-242.
- Page, S.C., Hulse, S.H., & Cynx, J. 1989 Relative pitch perception in the European Starling (Sturnus vulgaris): Further evidence for an elusive phenomenon. Journal of Experimental Psychology ; Animal Behavior Processes, 15, 137-146.
- Restle, F. 1970 Theory of serial pattern learning: Structural trees. Psychological Review, 77, 481-495.
- Restle, F. 1972 Serial patterns: The role of phrasing. Journal of Experimental Psychology, 92, 385-390.
- Restle, F. 1976 Structural ambiguity in serial pattern learning. Cognitive Psychology, 8, 357-381.
- Robbins, D. 1971 Partial reinforcement: A selective review of the alleyway literature since 1960. Psychological Bulletin, 76, 415-431.
- Roberts, W.A. 1979 Spatial memory in the rat on a hierarchical maze. Learning and motivation, 10, 117-140.
- Roitblat, H.L., Pologe, B., & Scopatz, R.A. 1983 The representation of items in serial position. Animal Learning & Behavior, 11, 489-498.
- Sheffield, V.F. 1949 Extinction as a function of partial reinforcement and distribution of practice. Journal of Experimental Psychology, 39, 511-526.
- Simon, H.A., & Kotovsky, K. 1963 Human acquisition of concepts for sequential patterns. Psychological Review, 70, 534-546.

- Skinner, B.F. 1934 The extinction of chained reflexes. Proceedings of the National Academy of Sciences, 20, 234-237.
- Self, R., & Gaffan, E.A. 1983 An analysis of serial pattern learning by rats. Animal Learning & Behavior, 11, 10-18.
- Spence, K.W. 1956 Behavior theory and conditioning. Yale Univ. Press.
- Sutherland, N.S., & Mackintosh, N.J. 1971 Mechanisms of animal discrimination learning. New York: Academic Press.
- Sutherland, N.S., Mackintosh, N.J., & Wolfe, J.B. 1965 Extinction as a function of the order of partial and consistent reinforcement. Journal of Experimental Psychology, 69, 56-59.
- Theios, J. 1962 The partial reinforcement effect sustained through blocks of continuous reinforcement. Journal of Experimental Psychology, 64, 1-6.
- Tyler, D.W., Wortz, E.C., & Bitterman, M.E. 1953 The effect of random and alternating partial reinforcement on resistance to extinction in the rats. American Journal of Psychology, 66, 57-65.
- 矢澤久史 1985 部分強化理論の展開 東海女子大学紀要, 5, 61-72.
- 矢澤久史 1986 ラットにおける系列学習研究の動向(1) -S.H.Hulseと E.J.Capaldiの対立- 東海女子大学紀要, 6, 171-181.
- Yazawa, H., & Fujita, O. 1984 Reinforcement pattern learning: Do rats remember all prior events? Animal Learning & Behavior, 12, 383-390.

- Weinstock, S. 1954 Resistance to extinction of a running response following partial reinforcement under widely spaced trials. Journal of Comparative and physiological Psychology, 47, 318-322.
- Weinstock, S. 1958 Acquisition and extinction of a partially reinforced running response at a 24-hrs. intertrial interval. Experimental Psychology, 56, 151-159.
- Wike, E.L., & King, D.D. 1973 Sequences of reward magnitude and runway performance. Animal Learning & Behavior, 1, 175-178.

謝 辞

心理学に動物実験があることを初めて知ったのは、筑波大学1年次に受講した藤田統先生の実験心理学においてだった。テキストには「心の実験室」が用いられていた。受験で志望学部を決める際に心理学か生物学かという選択に迫られたことがある自分にとって、講義で聞いた近交系マウスの学習実験に関する話は、非常に興味深いものだった。この授業がきっかけとなり、2年生の時から比較心理学の研究会に参加するようになった。

そして、3年次の人間学実習でラットの接近回避コンフリクトに関するグループ研究を行いフラストレーションに関心を持ち、卒業論文ではAmseiのフラストレーション理論に基づいて部分強化効果を扱った。その後、修士論文でCapaldiの系列理論や強化レベル理論に関する検討を行い、さらに、本研究でまとめた強化系列学習へと研究が進んでいった。このように、これまでの自分の研究を振り返ってみると、部分強化から強化系列学習へとという本論文の第一章で検討した動物学習の展開過程を自分なりに追っていたようである。

大学1年の実験心理学の講義以来これまで15年にわたり、筑波大学心理学系教授藤田統先生には非常に多くのことを教えていただいた。卒論のテーマを相談するために人間学類長室を初めて訪れた時に添削を受けたAmsei(1958)の文献の訳に始まり、卒論、修論、そして副学長室で丁寧にコメントを入れていただいた今回の博士論文まで、赤インクが入れた原稿の下書きは現在もすべて大事に保存してある。

どちらかというと、実験に先走ってしまう傾向が強く、データは溜まるが研究がまとめられないという状態が続き、先生にはたいへんご迷惑をおかけしたことと思う。それでも、このように今までの研究を一つの論文としてまとめることができたのは、藤田先生の暖かいご指導のおかげであると深く感謝している。

動物棟に出入りするようになってからは、筑波大学心理学系岩崎庸男教授、牧野順四郎助教授に、実験計画や分析法などに関して広範囲にわたって教示をいただいた。東海女子大学に来てからは、岐阜大学教養部大井修三助教授から研究者としての心構えなどを学び、神谷学園神谷一三理事長と東海女子大学神谷みゑ子副学長には実験の実施に関していろいろとご援助をいただいた。東海女子大学宮本邦雄助教授には、筑波大学、東海女子大学の両大学において、動物実験の初歩から論文の書き方にいたるまで多くの助言をいただいた。

本論文が終着点ではなく、これが出発点であることを心に刻み、筑波大学から東海女子大学まで良き恩師、先輩、後輩に恵まれ楽しく研究ができたことに対し、いままでお世話になったすべての人々に感謝の気持ちを捧げたいと思う。本当にありがとうございました。

1990年5月19日 A.M.1:25 矢澤久史

筑波大学附属図書館



1 00920 05375 6

本学関係